RICHARD DAWKINS

Un râu pornit din Eden

CODUL GENETIC, COMPUTERUL ȘI EVOLUȚIA SPECIILOR

HUMANITAS

SCIENCE MASTERS

RICHARD DAWKINS predă la Universitatea Oxford și este cercetător la New College. Este autorul a două best-sellers-uri, *The Blind Watchmaker*, care a obținut Premiul Societății Regale de Literatură și Premiul Cărții Științifice *Los Angeles Times*, și al încă și mai celebrului *The Selfish Gene*. Este de asemenea autorul unei lucrări de specialitate, *The Extended Phenotype*. Francis Crick, laureat al Premiului Nobel, cel care a descoperit structura ADN-ului, scria despre *The Blind Watchmaker*: „Vă îndemn, pentru a vă salva sufletul, să citiți cartea lui Dawkins."

RICHARD DAWKINS

UN RÎU PORNIT DIN EDEN

Codul genetic, computerul și evoluția speciilor

Traducere de
ELENA-MARCELA BADEA și DAN OPRINA

HUMANITAS

Coperta
IOANA DRAGOMIRESCU MARDARE

RICHARD DAWKINS
RIVER OUT OF EDEN
BasicBooks, A Division of Harper-Collins Publishers Inc., New York
© Richard Dawkins, 1995
Numele şi marca „Science Masters“ sînt proprietatea lui Brockman, Inc.

© Humanitas, 1995, pentru prezenta versiune românească

ISBN 973-28-0615-X

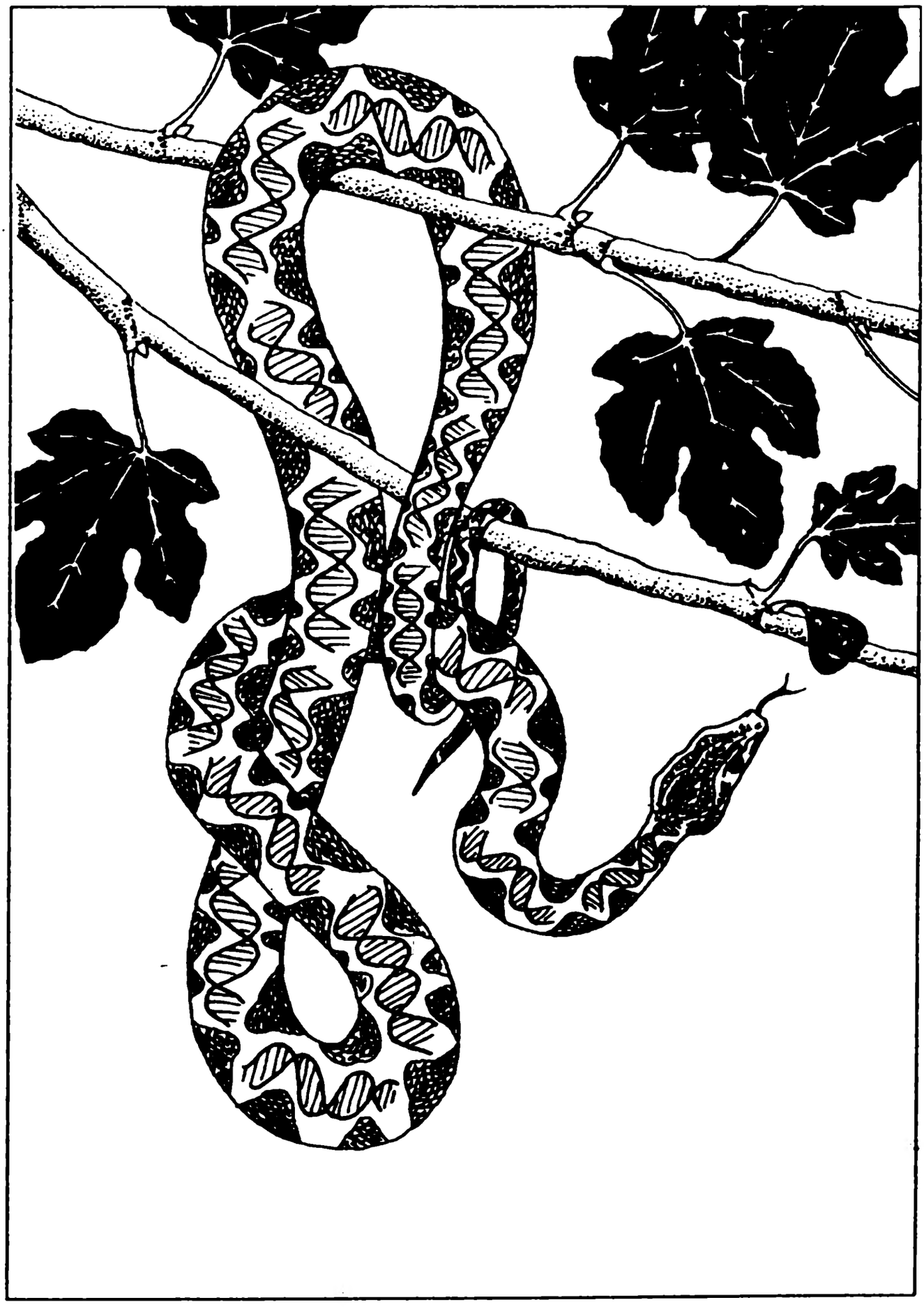
În memoria lui

HENRY COLYEAR DAWKINS (1921–1992),

membru al Colegiului St. John's, Oxford —

un maestru în arta de a face lucrurile clare.

Și din Eden ieșea un rîu care uda raiul.
Facerea 2, 10



PREFAȚĂ

Se zice-n popor că Natura ar fi
Nume-al miliardelor de miliarde
De particule ce-n veci s-or lovi
În joc de biliarde biliarde biliarde.

PIET HEIN

Piet Hein surprinde esența clasică a lumii fizicii. Dar cînd ricoșeurile biliardelor de atomi încearcă să alcătuiască un obiect care are o anumită proprietate, aparent neînsemnată, ceva important se întîmplă în univers. Acea proprietate este o capacitate de a autoreplicare; adică, obiectul este capabil să folosească materialele din jur pentru a face cópii exacte sieși, inclusiv cópii cu defecte așa de mici în copiere cît pot să apară în mod sporadic. Ce poate urma din această întîmplare singulară, oriunde în univers, este selecția darwinistă și de aici înainte extravaganța barocă pe care, pe această planetă, o numim viață. Niciodată atît de multe fapte nu au fost explicate prin așa de puține presupuneri. Nu numai că teoria darwinistă stăpînește marea putere de a explica. Economia ei în realizarea acestui lucru are o eleganță viguroasă, o frumusețe poetică ce depășește chiar și cele mai obsedante mituri despre originea lumii. Unul dintre scopurile mele în scrierea acestei cărți a fost acela de a acorda recunoașterea cuvenită calității stimulatoare a înțelegerii noastre actuale a lumii darwiniste. În Eva mitocondrială este mai multă poezie decît în tiza ei mitologică.

Caracteristica vieții care, cu cuvintele lui David Hume, „îi farmecă cel mai mult pe toți oamenii care au contemplat-o vreodată", este complexitatea detaliilor cu care mecanismele ei — mecanisme pe care Charles Darwin le-a numit „organe complicate de o extremă perfecțiune" — îndeplinesc un scop vădit. O altă caracteristică a vieții de pe acest pămînt care ne impresionează este luxurianta ei diversitate: măsurată prin estimarea numărului de specii, există cîteva zeci de milioane de căi diferite de a supraviețui. Un alt scop al meu este acela de a-i convinge pe cititori că expresia „căi de a supraviețui" este sinonimă cu „căi de transmitere a textelor codificate ADN spre viitor". Rîul meu este un rîu de ADN care curge și se ramifică de-a lungul erelor geologice, și metafora malurilor abrupte care limitează jocul genetic al fiecărei specii se dovedește a fi un instrument surprinzător de sugestiv și util în explicarea vieții.

Într-un fel sau altul, toate cărțile mele au fost dedicate explorării și explicării puterii aproape nemărginite a principiului darwinist — putere dezlănțuită oricînd și oriunde există destul timp pentru desfășurarea consecințelor autoreplicării primordiale. *Un rîu pornit din Eden* continuă această misiune, și aduce la o culme extraterestră povestea urmărilor care pot surveni cînd fenomenul replicatorilor este injectat în jocul modest al biliardelor de atomi.

În timpul redactării acestei cărți m-am bucurat de sprijinul, încurajarea, sfaturile și critica constructivă, în combinații variate, datorate lui Michael Birkett, John Brockman, Steve Davies, Daniel Dennett, John Krebs, Sara Lippincott, Jerry Lyons, și în mod special soției mele, Lala Ward, care, de asemenea, a realizat și desenele. Unele paragrafe sînt parțial refăcute după

articolele publicate cu alte ocazii. Pasajele capitolului I despre codurile digitale și analogice se bazează pe articolul meu din *The Spectator* din 11 iunie. Relatarea din capitolul III, pe baza lucrării despre evoluția ochiului de Dan Nilsson și Susanne Pelger, este, în parte, luată din articolul meu de la rubrica „News and Views", publicat în *Nature* la 21 aprilie 1994. Mulțumesc editorilor ambelor reviste care au înlesnit publicarea acestor articole.

În final, îi mulțumesc lui John Brockman și Anthony Cheetham pentru originala invitație de a mă alătura seriei Science Masters.

Oxford, 1994

ATTACK

CAPITOLUL 1

Rîul digital

Toate popoarele au legende privitoare la strămoșii triburilor lor și adeseori aceste legende se transformă în veritabile culte religioase. Oamenii își respectă sau chiar își venerează strămoșii — ceea ce e și firesc pentru că e vorba de niște strămoși reali, care dețin cheia înțelegerii vieții, nu de niște zeități supranaturale. Din totalitatea organismelor ce se nasc pe pămînt, o foarte mare parte mor înainte de a atinge vîrsta maturității. O minoritate supraviețuiește și se înmulțește, iar din aceasta o și mai mică minoritate va avea o descendență viabilă, mii de generații de aici înainte. Această minusculă minoritate a unei minorități, această elită reproductivă, este ceea ce viitoarele generații vor putea considera ancestral sau ancestor. Strămoșii sînt rari, descendenții sînt obișnuiți.

Toate organismele care au trăit cîndva — toate animalele și plantele, toate bacteriile și toate ciupercile, orice ființă tîrîtoare și toți cititorii cărții de față — pot rosti cu mîndrie, privind către lungul șir al strămoșilor lor: Nici măcar un singur străbun n-a murit copil. Cu toții au atins vîrsta maturității și fiecare a fost

capabil să-și găsească cel puțin un partener heterosexual cu care să se împerecheze cu succes*. Nici unul din strămoșii noștri nu a fost răpus de un dușman sau de un virus, sau de un pas greșit pe marginea unei prăpăstii, înainte de a aduce cel puțin un urmaș pe lume. Mii dintre contemporanii strămoșilor noștri au eșuat în toate aceste privințe, dar nici măcar unul singur dintre străbunii noștri nu a dat greș în vreuna dintre ele. Aceste afirmații sînt absolut evidente; mai mult, din ele se desprind următoarele: cu cît sînt mai ciudate și mai neașteptate, cu atît se justifică mai bine și ne uimesc și mai mult. Toate acestea vor constitui obiectul cărții de față.

Deoarece toate organismele moștenesc zestrea genetică de la strămoșii lor, mai degrabă decît de la contemporanii fără succes ai acestora, toate tind să posede gene valoroase. Ele au ceea ce trebuie pentru a deveni strămoși, altfel spus pentru a supraviețui și a se reproduce. Din această cauză organismele tind să moștenească genele a căror prezență condiționează construirea unui mecanism bine proiectat, un organism ce lucrează activ ca și cum s-ar strădui să devină un strămoș. Din această cauză păsările sînt atît de bune la zbor, peștii atît de buni la înot, maimuțele atît de bune la cățărat, virusurile se răspîndesc atît de

---

* Strict vorbind, există și excepții. Unele animale, ca de pildă afidele, se pot înmulți fără a fi necesară fecundarea. Tehnici, ca de exemplu fertilizarea artificială, permit oamenilor moderni să aibă un copil fără a se împerechea, și chiar — de cînd celulele ou pentru fertilizare „in vitro“ ar putea fi prelevate dintr-un foetus de sex feminin — înainte de vîrsta maturității. În majoritatea cazurilor, observațiile mele rămîn valabile. (N. a.)

bine. Din această cauză noi ținem la viață, la dragoste și la copii. Și toate acestea pentru că noi toți, fără nici o excepție, moștenim toate genele noastre de la un șir neîntrerupt de strămoși încununați de succes. Lumea devine plină de organisme care posedă tot ce le trebuie pentru a deveni strămoși. Toate acestea se pot numi, într-un singur cuvînt, darwinism. Bineînțeles că Darwin a spus mai mult de atît, iar noi putem spune astăzi și mai multe, și de aceea această carte nu se oprește aici.

Dar există o posibilitate naturală, și profund dăunătoare, de a înțelege greșit paragraful anterior. Este seducător să credem că atunci cînd strămoșii noștri au făcut lucruri încununate de succes, genele pe care le-au transmis copiilor au fost, ca rezultat, mai valoroase decît cele primite de ei de la părinții lor. Ceva din acest succes s-a înregistrat în genele lor, și din acest motiv descendenții sînt atît de pricepuți la zbor, sau înot, sau flirt. Greșit, complet greșit. Genele nu se îmbunătățesc prin funcționare. Ele se moștenesc neschimbate, excepție făcînd erorile cu totul întîmplătoare. Nu reușita face gene valoroase, ci genele valoroase determină reușita și nici un individ în decursul existenței sale nu-și poate afecta, în vreun fel, propriile gene. Indivizii ce s-au născut cu gene valoroase cel mai probabil vor ajunge la maturitate pentru a deveni strămoși încununați de succes; prin urmare, spre deosebire de genele nevaloroase, genele valoroase au cele mai mari șanse să se transmită în viitor. Fiecare generație este un filtru, o sită: genele valoroase tind să treacă prin sită în generațiile viitoare; genele nevaloroase tind să-și încheie existența în indivizi care mor înainte de maturitate sau care nu se reproduc.

Asemenea gene pot traversa o generație sau două, poate pentru că au norocul să coexiste cu genele valoroase într-un același individ. Dar este nevoie de ceva mai mult decît de noroc pentru a trece prin mii de site așezate succesiv una sub alta. După o mie de generații succesive, este probabil ca genele care au reușit să treacă să fie cele valoroase.

Am spus că genele ce supraviețuiesc peste generații vor fi acele gene care au reușit să determine calitatea de strămoș. Lucrul acesta e adevărat, dar există o excepție aparentă de care e bine să ne ocupăm înainte de a se crea vreo confuzie. Unii indivizi sînt irevocabil sterili, cu toate că ei sînt desemnați să ajute la transmiterea genelor lor în generațiile viitoare. Albinele, furnicile, viespile și termitele lucrătoare sînt sterile. Activitatea lor nu este destinată reproducerii, deși prin ea rudele lor fertile, de obicei frații și surorile, vor deveni strămoși. Sînt două moduri de a interpreta aceste lucruri. În primul rînd, indiferent de specie, există o mare posibilitate ca frații și surorile să împartă cópiile acelorași gene. În al doilea rînd, mediul, nu genele, determină un individ, o termită, să zicem, să devină un reproducător sau un lucrător steril. Toate termitele posedă genele care, în anumite condiții de mediu, le pot transforma în lucrători sterili sau, în alte condiții, în indivizi capabili de reproducere. Reproducătorii transmit cópii ale exact acelorași gene care determină lucrătoarele sterile să-i ajute să lase urmași. Lucrătoarele sterile trudesc sub influența genelor ale căror cópii se află și în corpurile reproducătorilor. Cópiile lucrătoare ale acelor gene se străduie să-și ajute propriile cópii reproducătoare să treacă prin sita generațiilor. Lucrătorii termitelor pot

fi masculi sau femele; dar la furnici, albine și viespi lucrătoarele sînt toate femele; de altfel, principiul este același. La scară mai mică, se aplică la unele specii de păsări, mamifere și alte animale la care se manifestă o anumită grijă față de cei mici din partea fraților și surorilor mai mari. Rezumînd, genele își croiesc drum prin sită ajutînd atît propriul trup cît și trupul unei rude să devină un strămoș.

Rîul din titlul imaginat de mine este un rîu de ADN (acid desoxiribonucleic), care curge prin timp, nu prin spațiu. Este un rîu de informație, nu unul din oase sau țesuturi: un fluviu de instrucțiuni abstracte pentru construirea corpurilor, nu un rîu de corpuri solide. Informația trece prin corpuri și le influențează fără ca în drumul ei să fie afectată de acestea. Rîul de informație nu este influențat nici de experiențele și realizările corpurilor succesive prin care curge. De asemenea, el nu este influențat nici de o sursă potențială de contaminare care, în aparență, este mult mai puternică: sexul.

În toate celulele dumneavoastră, jumătate din genele mamei dumneavoastră se alătură unei jumătăți din genele tatălui dumneavoastră. Genele dumneavoastră materne și paterne conlucrează foarte strîns pentru a vă face amalgamul indivizibil și subtil care sînteți. Dar genele însele nu se amestecă. Doar efectele lor. Genele în sine manifestă o integritate de piatră. Cînd vine timpul unei generații noi, o genă fie trece, fie nu trece în corpul unui anumit copil. Genele de origine maternă și paternă nu se amestecă, ele se recombină independent. O anumită genă a dumneavoastră provine fie de la mamă, fie de la tată. De

asemenea, ea provine de la unul, și numai unul, dintre cei patru bunici; de la unul, și numai unul, dintre cei opt străbunici, și așa mai departe în ascendență.

Am vorbit despre fluviu de gene, dar am putea, la fel de bine, să vorbim despre un grup de buni prieteni care străbate erele geologice. Toate genele unei populații care se reproduce sînt, în perspectivă, companioane unele cu altele. Pe termen scurt, ele sălășluiesc în trupuri individuale, și sînt temporar companioane mai intime ale celorlalte gene cu care coexistă în acel corp. Genele supraviețuiesc în timp numai dacă determină construcția unor organisme apte să trăiască și să se reproducă în modul de viață particular ales de specie. Dar ele trebuie să facă mai mult decît atît. Pentru a determina supraviețuirea, o genă trebuie să conlucreze cu celelalte gene aparținînd aceleiași specii — același rîu. Pentru a supraviețui în această lungă călătorie, o genă trebuie să fie un bun companion. Ea trebuie să funcționeze bine în compania sau în contextul celorlalte gene în același rîu. Genele altor specii se află într-un rîu diferit. Ele nu trebuie să se înțeleagă bine împreună — în orice caz nu în același sens — deoarece ele nu trebuie să împartă aceleași corpuri.

Trăsătura care definește o specie este că prin toți membrii unei specii date curge același rîu de gene și că toate genele unei specii trebuie să fie pregătite să fie buni companioni. Apariția unei noi specii are loc atunci cînd una deja existentă se divide. În timp, rîul de gene se bifurcă. Din punctul de vedere al genelor, *speciația*, formarea unei noi specii, coincide cu „marele adio". După o scurtă perioadă de separare parțială, cele două rîuri se despart pentru totdeauna, sau

pînă cînd unul dintre ele seacă dispărînd în nisip. La adăpostul malurilor fiecărui rîu, apele sînt amestecate și reamestecate prin recombinare sexuală. Dar niciodată apa nu iese din matcă pentru a contamina celălalt rîu. După ce o specie s-a divizat, cele două seturi de gene nu mai sînt companioane. Ele nu se mai întîlnesc în aceleași trupuri și nu mai este necesar să funcționeze bine împreună. Nu mai există nici o relație între ele — și relație înseamnă, în cazul de față, împerecherea organismelor, purtătorii lor temporari. Dar de ce trebuie să se formeze două specii? Ce determină marele adio al genelor lor? Ce face ca rîul să se bifurce și cele două brațe să se îndepărteze, nemaiîntîlnindu-se niciodată? Detaliile sînt controversate, dar nimeni nu se îndoiește că lucrul cel mai important este separarea geografică accidentală. Rîul de gene curge în timp, dar redistribuirea fizică a genelor are loc în corpuri care au o localizare în spațiu. O veveriță cenușie din America de Nord s-ar putea împerechea cu una cenușie din Anglia, dacă s-ar întîlni vreodată. Dar această întîlnire este improbabilă. Rîul de gene al veveriței cenușii din America de Nord este separat eficient de 3 000 mile de ocean de cel al veveriței cenușii din Anglia. De fapt, cele două ansambluri de gene nu mai sînt de mult împreună, deși ele ar mai fi buni tovarăși dacă s-ar ivi prilejul. Ele și-au spus rămas bun, deși despărțirea nu este încă irevocabilă. Dar peste alte cîteva mii de ani este probabil că cele două rîuri se vor fi îndepărtat atît de mult încît, chiar dacă veverițele s-ar mai întîlni, nu ar mai fi capabile să facă schimbul de gene. Iar cînd spun „îndepărtat atît de mult", nu mă refer la spațiu, ci la gradul de compatibilitate.

Aproape sigur, ceva asemănător se află în spatele separării mai vechi dintre veverițele cenușii și roșii. Ele nu se pot împerechea. Ele se suprapun geografic în unele părți ale Europei și, deși se întîlnesc și probabil uneori își dispută alunele, nu se pot împerechea pentru a produce urmași fertili. Rîurile lor de gene s-au despărțit prea mult, ceea ce înseamnă că genele lor nu mai sînt apte să coopereze una cu alta în organisme. În urmă cu multe generații, veverițele roșii și cele cenușii au avut ca strămoși aceiași indivizi. Dar ei au fost separați geografic, poate de un lanț de munți, poate de apă, eventual de Oceanul Atlantic. Și ansamblurile lor genetice s-au despărțit. Separarea geografică determină apariția incompatibilității. Bunii companioni au devenit răi companioni, sau ei s-ar dovedi ca atare dacă ar fi puși în situația de a se împerechea. Companionii răi au devenit încă și mai răi, pînă cînd, în prezent, nu mai sînt deloc companioni. Rămasul bun este deci definitiv. Cele două rîuri s-au separat și au fost sortite să se îndepărteze din ce în ce mai mult unul de celălalt. Aceeași poveste s-a petrecut și în cazul despărțirii mai timpurii dintre, să zicem, strămoșii noștri și cei ai elefanților. Sau dintre cei ai struților (care, de asemenea, sînt și ai noștri) și cei ai scorpionilor.

Există acum, probabil, treizeci de milioane de brațe ale rîului de ADN, deoarece cam la atît se estimează numărul total al speciilor de pe glob. S-a apreciat, de asemenea, că speciile existente reprezintă aproximativ un procent (1%) din totalul speciilor care au trăit vreodată pe pămînt. Ar însemna că în total au fost circa trei miliarde de brațe ale rîului de ADN. Cele treizeci de milioane de ramificații din ziua de astăzi

sînt irevocabil separate. Multe dintre acestea sînt sortite pieirii, deoarece multe specii sînt pe cale de dispariție. Dacă veți urmări aceste treizeci de milioane de rîuri (pentru concizie mă voi referi la brațele rîurilor numindu-le rîuri) înapoi în timp, veți descoperi că, rînd pe rînd, se întîlnesc cu celelalte rîuri. Rîul de gene umane se unește cu rîul de gene al cimpanzeilor cam în același moment cînd a făcut-o și rîul de gene al gorilei, cu vreo șapte milioane de ani în urmă. Cu cîteva milioane de ani în urmă, rîului nostru comun de maimuță africană i s-a alăturat pîrîul de gene de urangutan. Și, și mai în urmă, ni s-a alăturat un rîu de gene de gibon — rîu care mai în aval se desparte într-un număr de specii separate de gibon și siamang. Dacă mergem și mai în urmă în timp, rîul nostru genetic se unește cu rîul care, în evoluția lui ulterioară, avea să se despartă în trei brațe: cel al maimuțelor Lumii Vechi, al maimuțelor Lumii Noi și cel al lemurienilor din Madagascar. Încă și mai mult în urmă, rîul nostru genetic se unește cu acelea care au dus la alte grupe importante de mamifere: rozătoarele, felinele, chiropterele, elefanții. După aceasta întîlnim curenții care au dus la apariția diferitelor specii de păsări, reptile, amfibieni, pești și nevertebrate.

Iată un aspect important în legătură cu care trebuie să fim prudenți cum folosim metafora rîului. Cînd ne gîndim la separarea care a dus la toate mamiferele — ca opusă, să spunem, pîrîului ce a dus la veverița cenușie — sîntem tentați să considerăm toate acestea la scară mare, ceva asemănător fluviilor Mississippi și Missouri. Ramura mamiferelor este, la urma urmelor, destinată să se ramifice repetat pînă cînd produce toate mamiferele — de la chițcanul mărunt la elefanți,

de la cîrtița de sub pămînt pînă la maimuța din vîrful baldachinului. Ramura mamiferelor derivată din acest rîu, menită să alimenteze atît de multe mii de importante artere acvatice, cum ar putea fi oare altceva decît un fluviu uriaș care își rostogolește apele? Ei bine, această imagine este complet greșită. Cînd strămoșii tuturor mamiferelor de astăzi s-au desprins din ramura celor care nu sînt mamifere, evenimentul nu a fost mai important decît oricare altă speciație. Ar fi trecut aproape neremarcat de vreun naturalist care s-ar fi aflat în acel moment prin preajmă. Noua ramificație a rîului de gene ar fi fost un pîrîiaș, aparținînd unui micuț animal nocturn, nu cu mult mai diferit de verii lui ne-mamifere decît este o veveriță roșie față de una cenușie. Numai dacă privim retrospectiv putem considera mamiferul ancestral cît de cît ca pe un mamifer. În acele vremi, el nu ar fi fost altceva decît o altă specie de reptilă care se asemăna cu un mamifer nu foarte diferit de vreo altă duzină de bucăți de hrană pentru dinozauri, mici, cu nasul lung și insectivore.

Aceeași lipsă de dramatism a caracterizat și scindarea timpurie a strămoșilor tuturor marilor grupuri de animale: vertebratele, moluștele, crustaceele, insectele, viermii inelați și cei plați, celenteratele și așa mai departe. Cînd rîul destinat moluștelor (și nu numai lor) s-a despărțit de cel al vertebratelor (și nu numai al lor) cele două populații de animale (probabil asemănătoare cu viermii) erau atît de asemănătoare una cu alta, încît s-ar fi putut împerechea între ele. Singurul motiv pentru care nu au făcut-o a fost separarea lor accidentală de către o barieră geografică oarecare, de exemplu o fîșie de uscat care a separat

apele anterior unite. Nimeni nu ar fi fost în stare să ghicească că o populație era destinată să dea naștere moluștelor și cealaltă vertebratelor. Cele două rîuri de ADN erau de-abia separate, în așa fel încît grupurile de animale corespunzătoare erau abia distincte.

Zoologii cunosc toate acestea, dar le uită uneori cînd se gîndesc la grupele realmente mari de animale, ca de exemplu moluștele sau vertebratele. Ei sînt tentați să conceapă scindarea grupelor principale ca pe un eveniment important. Zoologii se pot înșela atît de mult deoarece au fost educați în credința că fiecare dintre marile diviziuni ale regnului animal este dotată cu ceva profund, unic, deseori desemnat prin termenul german *Bauplan*. Deși acest cuvînt înseamnă chiar „plan", el a devenit un termen tehnic recunoscut și îl voi declina ca pe un cuvînt englezesc, chiar dacă (am fost puțin șocat să descopăr) nu se găsește încă în *Oxford English Dictionary*. (Deoarece mie îmi place cuvîntul mai puțin decît unora dintre colegii mei, admit cu un ușor *frisson* de *Schadenfreude* absența lui; aceste două cuvinte străine *sînt* în dicționar, deci nu este vorba de nici o interdicție sistematică a importului.) În sensul lui tehnic, bauplan este adesea tradus prin „planul fundamental al corpului". Folosirea termenului de „fundamental" (sau, echivalentul lui, adică recurgerea voită la germană pentru a indica profunzimea) a fost cauza nenorocirii. El poate face zoologii să comită erori grave.

Un zoolog, de exemplu, a sugerat că procesul evolutiv în perioada Cambriană (între șase sute și cinci sute de milioane de ani în urmă) trebuie să fi fost un fel de proces complet diferit de evoluția din perioadele ulterioare. Argumentul său era că în ziua de azi

apar noi specii, în timp ce în perioada Cambriană au apărut grupele principale ca, de exemplu, moluștele și crustaceele. Eroarea este izbitoare. Chiar animale atît de deosebite între ele, ca moluștele și crustaceele, au fost inițial numai populații ale aceleiași specii separate ulterior de bariere geografice. Pentru un timp ele ar mai fi putut fi interfertile, dacă s-ar fi întîlnit, dar nu s-a întîmplat așa. După milioane de ani de evoluție separată, ele au dobîndit trăsăturile pe care noi, cu privirea retrospectivă a zoologilor moderni, le recunoaștem drept caracteristice moluștelor și respectiv, crustaceelor. Aceste caracteristici au fost botezate cu titlul pompos de „plan fundamental de organizare a corpului" sau „bauplan". Însă principalele planuri de organizare ale regnului animal s-au separat treptat dintr-un trunchi comun.

Indiscutabil, există o neînțelegere minoră chiar dacă mult mediatizată, cu privire la *măsura* în care evoluția este treptată sau „în salturi". Dar nimeni, și cînd spun nimeni chiar așa este, nu crede că evoluția a fost vreodată destul de în salturi pentru a inventa un întreg nou plan fundamental de organizare într-o singură treaptă. Autorul citat scria toate acestea prin 1958. Puțini zoologi ar accepta astăzi în mod explicit punctul lui de vedere, dar uneori o fac în mod implicit cînd spun că principalele grupe de animale au apărut spontan și perfect alcătuite, precum Athena din capul lui Zeus, mai degrabă decît prin divergența unei populații ancestrale în timpul izolării geografice accidentale.*

---

* Cititorii trebuie să aibă în minte aceste puncte de vedere cînd vor citi lucrarea *Wonderful Life* de Stephen J. Gould, o excelentă descriere a faunei cambriene din Burgess Shale. (N. a.)

În orice caz, studiile de biologie moleculară au demonstrat că marile încrengături de animale sînt mult mai înrudite între ele decît eram obișnuiți să credem. Puteți considera codul genetic ca pe un dicționar în care șaizeci și patru de cuvinte ale unui limbaj (șaizeci și patru de triplete, combinații posibile ale celor patru litere ale alfabetului) sînt traduse în douăzeci și unu de cuvinte într-o altă limbă (douăzeci și unu de aminoacizi plus un semn de punctuație). Probabilitatea ca această corespondență de 64 : 21 să se mai repete a doua oară este mai mică decît unu la un milion de milioane de milioane de milioane de milioane. Însă, codul genetic este de fapt, literal vorbind, identic la toate animalele, plantele sau bacteriile care au fost studiate pînă acum. Este cert că toate viețuitoarele de pe pămînt au descins dintr-un singur strămoș. Nimeni nu s-ar îndoi de acest lucru mai ales astăzi cînd sînt evidențiate prin examinarea nu numai a codului, ci și a secvenței detaliate a informației genetice, unele asemănări izbitoare între, de exemplu, insecte și vertebrate. Există un mecanism genetic foarte complicat care dirijează planul segmentat al corpului insectelor. La mamifere a fost, de asemenea, descoperit un astfel de mecanism de reglaj bizar de asemănător. Din punct de vedere molecular, toate animalele sînt destul de strîns înrudite unele cu altele și chiar cu plantele. Trebuie să ajungi pînă la bacterii ca să găsești rudele noastre îndepărtate, și chiar și atunci codul genetic este identic cu al nostru. Motivul pentru care putem face o evaluare atît de precisă asupra codului genetic, dar nu și asupra anatomiei planurilor fundamentale de organizare, este că acest cod genetic este strict digital, unitățile sale putînd fi

riguros numărate și analizate matematic. Rîul de gene este un rîu digital și acum trebuie să vă explic ce înseamnă acest termen ingineresc.

Inginerii fac o distincție importantă între codurile digitale și cele analogice. Pick-up-urile și casetofoanele — și pînă recent și cele mai multe aparate telefonice — utilizează codurile analogice. Compact discurile, calculatoarele și cele mai moderne sisteme de telefonie folosesc codurile digitale. Într-un sistem de telefonie analogic, fluctuațiile continue ale undelor sonore sînt traduse în fluctuațiile corespunzătoare ale tensiunii într-un cablu. Un pick-up funcționează asemănător: șanțurile discului fac să vibreze vîrful acului și aceste mișcări sînt traduse în fluctuații corespunzătoare ale tensiunii. La celălalt capăt al liniei, aceste unde de tensiune sînt reconvertite, de o membrană care vibrează din receptor sau de difuzorul pick-up-ului, în unde acustice corespunzătoare, astfel încît noi le putem auzi. Codul este unul simplu și direct: oscilațiile curentului electric în cablu sînt proporționale cu oscilațiile presiunii undelor sonore. Între anumite limite, toate posibilele oscilații de tensiune trec prin circuitul electric și ceea ce contează este diferența dintre valorile acestora.

Într-un sistem digital, numai două nivele de tensiune posibile — sau alte cîteva numere discrete de tensiuni posibile cum ar fi 8 și 256 — sînt transmise prin cablu. Informația nu se află în valorile tensiunii propriu-zise, ci în modul de succesiune al acestora. Aceasta se numește Modulare Codificată în Impulsuri. La un moment anume, tensiunea reală va fi rareori exact egală cu una din cele 8, să spunem, valori nominale, dar aparatul o va ajusta către cea mai apro-

piată tensiune desemnată, astfel încît ceea ce iese la celălalt capăt al liniei este aproape perfect, chiar dacă transmisia de-a lungul liniei este slabă. Tot ce aveți de făcut este să fixați nivele discrete la distanță suficientă pentru ca fluctuațiile aleatorii să nu poată fi niciodată interpretate deformat de către instrumentul receptor ca un nivel fals. Aceasta este marea virtute a codurilor digitale și de aceea sisteme audio și video — și în general, tehnologia informației — tind tot mai mult să devină digitale. Calculatoarele, bineînțeles, utilizează codurile digitale în tot ceea ce fac. Pentru comoditate se folosește un cod binar — adică are numai două nivele de semnal în loc de 8 sau 256.

Chiar la un telefon digital, sunetele care intră în microfon și ies în receptor sînt totuși oscilații de tip analogic ale undelor sonore. Ceea ce este digital este informația care circulă de la un post telefonic la altul. Trebuie să se stabilească un cod pentru a traduce valorile analogice în fiecare microsecundă, în secvențe de pulsuri discrete — numerele codificate digital. Cînd discuți cu iubita la telefon, fiecare nuanță, fiecare modificare a vocii, fiecare suspin pasionat și fiecare timbru convingător sînt transmise prin cablu sub formă de numere. Poți să fii mișcat pînă la lacrimi de numere, cu condiția ca ele să fie codificate și decodificate destul de repede. Echipamentele moderne de comutare sînt atît de rapide încît acești timpi pot fi divizați în felii, cam în felul în care un maestru șahist își porționează timpii într-o întrecere simultană cu alți 24 de jucători. În acest fel, mii de conversații telefonice pot fi prinse de aceeași linie telefonică, aparent simultan, și totuși separate electronic fără interferență. Un trunchi telefonic — în

ziua de azi multe dintre ele nu sînt cîtuși de puțin bazate pe cabluri, ci folosesc fascicule de unde radio transmise fie direct de pe un deal pe altul, fie de pe sateliți — este un rîu masiv de numere. Dar, datorită acestei segregări electronice ingenioase, există mii de rîuri digitale care folosesc aceeași matcă numai aparent, așa cum veveritele roșii și cele cenușii folosesc același copac, dar niciodată nu-și amestecă genele.

Revenind la lumea tehnicii, deficiențele semnalelor analogice nu deranjează prea tare, atîta timp cît ele nu sînt copiate repetat. O înregistrare pe bandă magnetică are un fîșîit atît de ușor încît nici nu îl percepem — dacă nu mărim intensitatea sonoră, caz în care și fîșîitul se amplifică și se introduc de asemenea alte noi zgomote. Dar dacă vom copia o bandă după o alta, apoi cea de a treia după a doua și așa mai departe, după o sută de „generații" ceea ce va mai rămîne va fi un oribil fîșîit. Cam acesta era necazul cînd toate telefoanele erau analogice. Fiecare semnal telefonic scade în intensitate proporțional cu lungimea circuitului și trebuie amplificat–reamplificat la fiecare o sută de mile. Așa ceva nu era posibil pentru că fiecare stație de amplificare mărea proporțional zgomotul de fond. Și semnalele digitale au nevoie de amplificare. Dar, din motivele arătate, amplificarea nu introduce nici o eroare a mesajului: lucrurile pot fi făcute în așa fel încît informația să treacă perfect neavînd importanță cîte stații de amplificare intervin. Fîșîitul nu crește nici după sute și sute de mile.

Cînd eram copil, mama îmi spunea că celulele nervoase sînt liniile telefonice ale corpului omenesc. Dar ce fel de linii sînt acestea, analogice sau digitale? Răspunsul este că ele sînt o combinație interesantă a

ambelor sisteme. O celulă nervoasă nu este similară unui cablu electric. Este un tub lung și subțire de-a lungul căruia trec undele unor modificări chimice, asemenea unei dîre de praf de pușcă sfîrîind pe pămînt, cu excepția faptului că, spre deosebire de dîra de praf de pușcă, nervul revine repede la starea inițială și sfîrîitul se poate auzi din nou după o scurtă perioadă de repaus. Mărimea absolută a undei — temperatura prafului de pușcă — poate fluctua în timp ce se propagă de-a lungul nervului, dar faptul nu are nici o importanță. Codul îl ignoră. Similar celor două niveluri distincte de tensiune din telefonia digitală, pulsul chimic ori este ori nu este. În această privință, sistemul nervos este digital. Dar impulsurile nervoase nu sînt forțate să se transforme în biți: ele nu se asamblează în numere de cod discrete. În schimb, intensitatea mesajului (tăria sunetului, strălucirea luminii, poate chiar agonia unei emoții) este codificată ca rată a impulsurilor. Inginerii numesc aceasta Modulare în Frecvență, iar ea avea mulți adepți înainte de a fi adoptată Modularea Codificată în Impulsuri.

Rata pulsului este o variabilă analogică, dar impulsurile în sine sînt digitale: ele sînt ori nu sînt, nu există jumătăți de măsură. Și sistemul nervos are același avantaj ca și oricare sistem digital. Din cauza modului în care funcționează neuronii, există echivalentul unui amplificator, dar nu la fiecare sută de mile, ci la fiecare milimetru — opt sute de stații de amplificare între măduva spinării și vîrful degetelor. Dacă ceea ce contează este amplitudinea absolută a impulsului nervos — unda pulberii prafului de pușcă — mesajul ar putea fi distorsionat, devenind de nerecunoscut, pe traiectul unui braț omenesc, și cu

atît mai mult de-a lungul unui gît de girafă. Fiecare stație de amplificare ar introduce mai multe erori întîmplătoare, așa cum se întîmplă cînd copiem o bandă magnetică de opt sute de ori. Sau cînd copiem o imagine xerox după alt xerox, după alt xerox. După opt sute de „generații" de fotocopii, tot ceea ce mai rămîne este o pată cenușie. Codificarea digitală este singura soluție pentru problema funcționării celulei nervoase, iar selecția naturală a adoptat-o în mod corespunzător. Același lucru e valabil și pentru gene.

Francis Crick și James Watson, cei care au descifrat structura moleculară a genei, ar trebui, după opinia mea, să fie onorați secole de-a rîndul precum Aristotel și Platon. Premiul Nobel le-a fost acordat pentru „fiziologie sau medicină", și aceasta este corect, dar aproape fără valoare. Să vorbești despre o revoluție continuă este aproape o contradicție de termeni, totuși nu numai medicina, ci întreaga noastră înțelegere a vieții va fi continuu revoluționată ca rezultat direct al schimbării modului de gîndire pe care acești doi tineri l-au inițiat în 1953. Genele însele, și bolile genetice, sînt doar vîrful icebergului. Ceea ce este cu adevărat revoluționar în biologia moleculară în era post-Watson și Crick, este faptul că ea a devenit digitală.

De la Watson și Crick încoace, am aflat că genele, în structura lor internă detaliată, sînt asemenea unor lungi filamente de pură informație digitală. În plus, ele sînt cu adevărat digitale, în deplinul sens al termenului în limbaj de calculatoare și compact-discuri, nu în sensul mai slab în care este folosit termenul pentru sistemul nervos. Codul genetic nu este un cod binar ca în calculatoare, nici octal ca în unele sisteme

de telefonie, ci un cod cuaternar cu patru simboluri. Aparatul de codificare al genei este bizar de asemănător cu cel al unui calculator. În afara diferențelor de limbaj, paginile unui jurnal de biologie moleculară ar putea fi interschimbabile cu cele ale unei reviste de ingineria calculatoarelor. Printre multe alte consecințe, această revoluție digitală în însuși miezul vieții a dat lovitura finală, fatală, vitalismului — convingerea că materia vie este profund diferită de cea nevie. Pînă în 1953 mai era încă posibil să crezi că în protoplasma vie există ceva fundamental și ireductibil misterios. S-a terminat cu asta. Nici măcar acei filozofi care erau predispuși la o privire mecanicistă asupra vieții nu ar fi îndrăznit să spere într-o atît de completă împlinire a celor mai nebunești vise ale lor.

Următorul subiect science-fiction este absolut plauzibil, dacă luăm în considerație o tehnologie care se deosebește de cea de azi doar prin faptul că este puțin mai rapidă. Profesorul Jim Crickson a fost răpit de către o putere străină ostilă și forțat să lucreze în laboratoarele ei de armament biologic. Pentru a salva omenirea, este vital să comunice cîteva informații strict secrete în afară, dar toate canalele normale de comunicație îi sînt interzise. Cu excepția unuia. Codul ADN, care constă în 64 de triplete, „codoni", suficient pentru un alfabet englez cu litere mici și mari plus zece numerale, un spațiu și un punct. Profesorul Crickson ia un virus gripal virulent din raftul laboratorului și, prin tehnici de inginerie genetică, îi introduce în genom textul complet al mesajului său către lumea din afară, în propoziții englezești perfect alcătuite. Și reia mesajul în repetate rînduri în genomul modificat, adăugîndu-i o secvență „steag" (*flag*)

ușor de recunoscut — să zicem, primele zece numere prime. Apoi se autoinfectează cu virusul și strănută într-o cameră plină cu oameni. Un val de gripă străbate lumea și laboratoarele medicale din țări îndepărtate s-au pus în mișcare să descifreze secvența genomului viral în încercarea de a realiza vaccinul potrivit. Curînd a devenit clar că există un motiv ciudat repetat în genom. Alarmat de numerele prime care nu puteau să apară spontan, cineva a avut ideea aplicării tehnicilor de decodificare. După aceea, ar fi fost simplu de citit întregul text în engleză al mesajului profesorului Crickson „strănutat" în toată lumea.

Sistemul nostru genetic, care este un sistem universal al vieții pe planetă, este în fond digital. Cuvînt cu cuvînt, cu mare exactitate, se poate cifra în întregime Noul Testament în acele porțiuni ale genomului uman care în prezent sînt ocupate cu „relicve" de ADN — adică ADN nefolosit, cel puțin în mod obișnuit, de către organism. Fiecare celulă din organismul dumneavoastră conține echivalentul a patruzeci și șase bănci de date imense care rulează caracterele digitale prin intermediul numeroaselor capete de citire ce lucrează simultan. În fiecare celulă, aceste benzi magnetice — cromozomii — conțin aceeași informație, dar capetele de citire din diferitele tipuri de celule caută diferite sectoare ale bazei de date conform specializării lor. Din această cauză, celulele musculare se deosebesc de cele hepatice. Nu există nici un spirit, forță conducătoare a vieții, nici o vibrație, apariție, influență, protoplasmă sau gelatină mistică. Viața este doar biți și biți și biți de informație digitală.

Genele sînt informație pură — informație care poate fi codificată, recodificată și decodificată, fără

nici o alterare sau modificare a înțelesului. Informația pură poate fi copiată și, deoarece este informație digitală, fidelitatea copierii poate fi perfectă. Caracterele ADN-ului sînt copiate cu o exactitate care rivalizează cu tot ce pot realiza inginerii moderni. Ele sînt copiate din generație în generație cu doar atîtea erori cît să introducă variație. Din această variație, combinațiile codificate care devin mai numeroase în lume vor fi în mod evident și automat cele care, decodificate și impunîndu-se în corpurile respective, le fac pe acestea să ia măsuri active pentru a conserva și propaga exact aceleași mesaje ADN. Noi — și asta înseamnă toate ființele vii — sîntem mecanisme de supraviețuire programate să transmită baza de date digitală cu care am fost programați. Darwinismul este considerat acum ca fiind supraviețuirea supraviețuitorilor la nivelul codului pur digital.

Privind retrospectiv, ar fi putut fi altfel. S-ar putea imagina un sistem genetic analogic. Dar am văzut deja ce se întîmplă cu informația analogică atunci cînd este recopiată de-a lungul generațiilor succesive. Este asemenea șoaptelor chinezești. Sistemele telefonice supraîncărcate, benzile magnetice recopiate, fotocopiile fotocopiilor — semnalele analogice sînt așa de vulnerabile la degradarea cumulativă încît copierea nu poate fi realizată decît de un număr limitat de generații. Genele, pe de altă parte, se pot autocopia pentru zece milioane de generații și nu se alterează aproape deloc. Darwinismul funcționează doar pentru că — în afară de mutațiile distincte, pe care selecția naturală ori le elimină ori le conservă — procesul de copiere este perfect. Doar un sistem genetic digital este capabil să susțină darwinismul de-a lungul

epocilor geologice. 1953, anul dublului helix, va fi considerat nu numai sfîrșitul unor opinii mistice și obscurantiste asupra vieții; darwiniștii îl vor privi ca pe anul în care obiectul lor de studiu a devenit în sfîrșit digital.

Rîul de informație digitală pură, care curge maiestuos prin timpurile geologice și care se împarte în trei miliarde de ramuri, este o imagine foarte sugestivă. Dar atunci unde sînt trăsăturile familiare vieții? Unde sînt corpurile, mîinile și picioarele, ochii, creierii și mustățile, frunzele și tulpinile și rădăcinile? Dar atunci unde sîntem noi, părțile noastre componente? Noi — noi, animale, plante, protozoare, ciuperci și bacterii — sîntem doar matca prin care curg pîrîiașele datelor digitale? Într-un sens da. Dar, așa cum am sugerat, înseamnă mai mult de atît. Genele nu realizează doar autocópii care se transmit de-a lungul generațiilor. De fapt ele există tot timpul în interiorul corpurilor și influențează forma și comportarea organismelor succesive în care se află ele însele. Corpurile sînt de asemenea importante.

Corpul, să zicem, al unui urs polar nu este doar o matcă pentru un rîuleț digital. El este, de asemenea, un mecanism de o complexitate mare cît un urs. Genele întregii populații de urși polari sînt un colectiv — buni camarazi care se întrec unii cu alții de-a lungul timpului. Dar ele nu există tot timpul în compania tuturor celorlalți membri ai colectivului: ele schimbă partenerii în interiorul ansamblului care este colectivul. Colectivul este definit ca un ansamblu de gene care pot întîlni oricare dintre celelalte gene din colectiv (dar nici un alt membru al vreunuia din celelalte treizeci de milioane de colective din lume).

Întîlnirile propriu-zise au întotdeauna loc în interiorul unei celule în corpul ursului polar. Și acel corp nu este un recipient pasiv al ADN-ului.

Pentru început, numărul real de celule, în fiecare existînd un set complet de gene, depășește imaginația: aproape 900 de milioane de milioane pentru un urs mascul mare. Dacă am alinia într-un singur șir toate celulele unui urs polar, acesta ar putea face cu ușurință traseul Pămînt-Lună și retur. Aceste celule sînt de vreo două sute de tipuri distincte, în principal aceleași două sute pentru toate mamiferele: celule musculare, nervoase, osoase, epiteliale și așa mai departe. Celulele fiecăruia dintre aceste tipuri distincte sînt grupate împreună formînd țesuturi: muscular, osos și așa mai departe. Toate tipurile de celule conțin instrucțiunile genetice necesare formării oricăruia dintre ele. Numai genele adecvate țesutului considerat sînt declanșate. Din această cauză, celulele diverselor țesuturi sînt de forme și mărimi diferite. Și mai interesant, genele declanșate într-un anumit tip de celule fac să-și dezvolte țesutul într-o anumită formă. Oasele nu sînt niște mase fără formă de țesut tare, rigid. Ele au forme specifice cu tije goale în interior, rotunjiri și cavități, creste și pinteni. Celulele sînt programate de către genele declanșate în interiorul lor să se comporte ca și cum ar ști unde se află în raport cu celulele vecine și acesta este modul în care își construiesc țesuturile în forma lobului de ureche, a valvelor inimii, a cristalinului ochiului sau a mușchilor sfincterului.

Structura complexă a unui organism ca, de exemplu, cea a ursului polar este multistratificată. Corpul este o complexă colecție de organe cu formă precisă

ca ficatul, rinichiul și oasele. Fiecare organ este un edificiu complex, modelat din țesuturi specifice ale căror cărămizi constitutive sînt celulele, adesea în straturi sau foițe, dar de multe ori și în mase solide. La o scară mult mai mică, fiecare celulă are o structură interioară extrem de complexă, alcătuită din membrane pliate. Aceste membrane, și lichidul dintre ele, constituie locul de desfășurare al complicatelor reacții chimice de foarte numeroase și variate tipuri. Într-o uzină chimică aparținînd de ICI sau de Union Carbide, se pot desfășura cîteva sute de reacții chimice distincte. Aceste reacții vor fi separate unele de altele prin pereții recipienților, tuburilor și așa mai departe. O celulă vie ar putea fi locul de desfășurare al unui număr asemănător de reacții chimice simultane. Într-o oarecare măsură, membranele dintr-o celulă se aseamănă cu sticlăria dintr-un laborator, dar analogia nu este corectă din două motive. Primul, deși multe dintre reacțiile chimice se desfășoară între membrane, o bună parte au loc chiar în interiorul lor. Al doilea, există o cale mult mai importantă prin care diferitele reacții sînt separate. Fiecare reacție este catalizată de propria ei enzimă specifică.

O enzimă este o moleculă foarte mare a cărei formă tridimensională accelerează o anumită reacție chimică prin furnizarea unei suprafețe care facilitează acea reacție. Deoarece ceea ce contează în cazul moleculelor biologice este forma lor tridimensională, putem considera enzima ca pe o mașină-unealtă mare, reglată cu atenție pentru a realiza o linie de producție a moleculelor cu formă specifică. Prin urmare, orice celulă poate găzdui sute de reacții chimice distincte, care se desfășoară în interiorul ei simultan și separat

pe suprafețele diferitelor molecule enzimatice. Reacțiile chimice specifice care se desfășoară într-o celulă dată sînt determinate de tipurile specifice de enzime prezente în număr mare. Fiecare moleculă de enzimă, inclusiv forma ei atît de importantă, este asamblată sub influența determinantă a unei anumite gene. Mai exact, secvența precisă a cîtorva sute de litere de cod din genă determină printr-un set de reguli care sînt în totalitate cunoscute (codul genetic) secvența aminoacizilor din molecula enzimei. Fiecare moleculă enzimatică este un lanț de aminoacizi și fiecare lanț liniar de aminoacizi se răsucește spontan într-o structură tridimensională unică și specifică, ca un nod în care se formează legături între diferitele părți ale lanțului. Structura tridimensională exactă a nodului este determinată de succesiunea unidimensională a aminoacizilor și, prin urmare, de succesiunea unidimensională a literelor de cod din genă. Și astfel, reacțiile chimice care au loc într-o celulă sînt determinate de genele care sînt declanșate.

Atunci ce determină care gene sînt declanșate într-o anumită celulă? Răspunsul este substanțele chimice deja prezente în celulă. Este un element al paradoxului oului și găinii, dar nu este de nerezolvat. Soluția paradoxului este de fapt foarte simplă în principiu dar complicată în detaliu. Este soluția pe care informaticienii o cunosc sub numele de program de încărcare inițial. Prima oară cînd am început să folosesc calculatoarele, în 1960, toate programele trebuiau încărcate folosind benzile de hîrtie. (Calculatoarele americane din acea perioadă foloseau adesea și cartele perforate, dar principiul era același.) Înainte de a putea încărca de pe o bandă mare un program serios,

trebuia să încarci un program mai mic numit program de încărcare inițial. Programul de încărcare inițial al calculatorului era un program care făcea un singur lucru: îi spunea calculatorului cum să încarce benzile de hîrtie. Dar aici apare paradoxul oului și găinii. Cum era la rîndul ei banda programului inițial încărcată ea însăși? La calculatoarele moderne echivalentul programului de încărcare inițial este hard-ul instalat pe mașină, dar în acele vremuri trebuia să începi manipulînd niște butoane într-o succesiune rituală. Această succesiune îi spunea calculatorului cum să înceapă citirea primei părți a benzii programului de încărcare inițial. Aceasta, la rîndul său, spunea apoi ceva mai mult despre cum să citească următoarea parte a benzii programului de încărcare inițial și așa mai departe. Cu timpul, întregul program de încărcare a fost absorbit, calculatorul știind cum să citească orice bandă de hîrtie și devenind un calculator util.

Cînd începe dezvoltarea unui embrion, o singură celulă, oul fertilizat se divide în două; fiecare din cele două se divide rezultînd patru; fiecare din cele patru se divide pentru a deveni opt și așa mai departe. Durează doar cîteva duzini de generații pentru a spori numărul de celule la trilioane, atît este de mare puterea diviziunii exponențiale. Dar, dacă totul s-ar rezuma la atît, trilioanele de celule ar trebui să fie toate la fel. Cum se diferențiază ele însă (pentru a folosi un termen tehnic) în celule hepatice, renale, musculare și așa mai departe, fiecare cu gene funcționale diferite și enzime active diferite? Printr-un program de încărcare inițial care funcționează asemănător cu acesta. Deși arată ca o sferă, oul posedă de

fapt o polaritate chimică internă. Are un vîrf și o bază, iar în multe cazuri o față și un spate (și prin urmare de asemenea o parte dreaptă și una stîngă). Aceste polarități se manifestă sub forma gradienților chimici. Concentrațiile unor substanțe cresc constant din față spre spate, altele de la vîrf spre baza oului. Acești gradienți timpurii sînt destul de simpli, dar sînt suficienți pentru a forma prima etapă în operația de încărcare a programului.

Cînd oul s-a divizat, să zicem, în treizeci și două de celule — asta înseamnă după cinci diviziuni — cîteva dintre cele treizeci și două de celule vor avea mai mult decît ar trebui din substanțele părții superioare, altele mai mult decît ar trebui din substanțele părții bazale. Celulele pot fi, de asemenea, neechilibrate și în ceea ce privește gradientul substanțelor chimice din față și din spate. Aceste diferențe sînt suficiente pentru a determina declanșarea diferitelor combinații de gene în diferite celule. Prin urmare, în celulele diferitelor regiuni ale embrionului, în primele etape de dezvoltare vor fi prezente diferite combinații enzimatice. Aceasta va avea ca rezultat declanșarea combinațiilor diferite ale altor gene în diferite celule. Așadar liniile celulare se diferențiază în loc să rămînă identice cu strămoșii lor clonali din embrion.

Aceste diferențieri se deosebesc foarte mult de diferențierile speciilor de care am vorbit mai devreme. Aceste diferențieri celulare sînt programate și determinate în detaliu în timp ce diferențierile speciilor erau rezultatul întîmplător al accidentelor geografice și nu erau previzibile. De altfel, cînd speciile se separă, și genele acestora se separă în ceea ce eu am numit marele adio. Cînd liniile celulare dintr-un embrion se

diferențiază, ambele diviziuni primesc aceleași gene — toate genele. Dar diferitele celule primesc combinații diferite ale substanțelor chimice care declanșează combinații diferite ale genelor, iar unele gene declanșează sau opresc funcționarea altor gene. Și astfel programul de încărcare inițial continuă pînă cînd vom obține toată gama diferitelor tipuri de celule.

Embrionul care se dezvoltă nu se diferențiază numai în două sute de tipuri celulare. Embrionul parcurge, de asemenea, schimbări dinamice elegante ale formei externe și interne. Poate cea mai dramatică dintre acestea este una dintre cele mai timpurii: procesul cunoscut sub numele de gastrulație. Distinsul embriolog Lewis Wolpert a mers atît de departe încît a spus: „nu nașterea, nu căsătoria sau moartea, ci gastrulația este cu adevărat cel mai important moment din viața dumneavoastră." În timpul gastrulației, o sferă de celule goală în interior se curbează pentru a forma o cupă căptușită în interior. În esență, în dezvoltarea lor, toți embrionii din regnul animal parcurg același proces al gastrulației. Este temelia comună pe care se bazează diversitatea dezvoltării embrionare. Am menționat aici gastrulația doar ca pe un exemplu — unul deosebit de dramatic — al unui fel de schimbare continuă, asemănătoare modelării hîrtiei în arta origami a japonezilor, a tuturor foițelor celulare implicate în dezvoltarea embrionară.

Sfîrșitul unei reprezentații origami plină de virtuozitate; după numeroase invaginări, evaginări, curbări și alungiri ale straturilor de celule; după creșterea diferențiată dinamic orchestrată a unor părți ale embrionului pe seama celorlalte părți; după diferențierea în sute de tipuri de celule specializate chimic și

fizic; cînd numărul total de celule a ajuns la trilioane, produsul final este un copil. Nu, nici măcar copilul nu este produsul final, fiindcă întreaga dezvoltare a individului — iarăși cu unele părți care cresc mai rapid decît altele — după vîrsta adultă și pînă la bătrînețe, ar trebui văzută ca o prelungire a aceluiași proces de dezvoltare embrionară: dezvoltarea embrionară totală.

Indivizii se deosebesc din cauza diferențelor legate de detaliile cantitative provenind din timpul dezvoltării lor embrionare totale. Un strat de celule crește puțin mai mult înainte de a se plia, și rezultatul este — care? — un nas acvilin mai degrabă decît unul cîrn; tălpi plate care, scutindu-te de armată, ți-ar putea salva viața; o conformație particulară a umărului care te predispune să fii bun la aruncat sulița (sau grenade de mînă, sau mingi de cricket, depinde de împrejurări). Cîteodată schimbările individuale în aranjamentul origami al stratului de celule pot avea consecințe tragice, ca atunci cînd un copil este născut cu cioturi în loc de brațe și fără palme. Diferențele individuale, care nu se manifestă în stratul celular origami, ci sînt pur chimice, nu sînt mai puțin importante prin consecințe: incapacitatea de a digera laptele, predispoziția la homosexualitate, sau alergia la alune, sau impresia că gustul fructelor de mango este dezagreabil, comparabil cu cel al terebentinei.

Dezvoltarea embrionară este o realizare fizică și chimică foarte complexă. Schimbarea unui detaliu în oricare moment al desfășurării ei poate avea consecințe ulterioare remarcabile. Aceasta nu este atît de surprinzător dacă ne reamintim cît de riguroasă este programarea inițială a procesului. Multe dintre deosebirile care apar în modul de dezvoltare al indivizilor

sînt determinate de schimbările de mediu — lipsa de oxigen sau tratamentul cu talidomidă, de exemplu. Multe alte deosebiri sînt datorate diferențelor în privința conținutului de gene — nu doar genele considerate separat, ci genele aflate în interacțiune cu alte gene și în interacțiune cu schimbările de mediu. Un proces atît de complicat, caleidoscopic, cu o programare inițială atît de complexă, bazată pe interdependență, ca dezvoltarea embrionară este deopotrivă robust și sensibil. Este robust în sensul că reușește să facă față multor schimbări potențiale, pentru a produce un copil viu, împotriva unor sorți potrivnici care uneori par aproape copleșitori; în același timp, este sensibil la schimbări, deoarece doi indivizi, chiar gemenii identici, nu sînt literalmente identici în toate trăsăturile lor.

Și acum să vă spun unde am vrut să ajung. În măsura în care diferențele dintre indivizi se datorează genelor (care poate fi o măsură mare sau una mică), selecția naturală poate favoriza unele forme ale origami-ului embriologic sau chimiei embriologice, și să defavorizeze altele. În măsura în care extinderea brațului dumneavoastră care aruncă este determinată de gene, selecția naturală îl poate favoriza sau defavoriza. Dacă a fi în stare să arunci bine are un efect, oricît de mic, asupra probabilității de supraviețuire a individului suficient de mult pentru a avea copii, în măsura în care abilitatea aruncatului este influențată de gene, acele gene vor avea o șansă mai mare să se transmită în generația următoare. Orice individ poate muri din motive care nu au nimic de a face cu abilitatea lui la aruncat. Dar, dacă prezența unei gene tinde să-i facă pe indivizi mai buni la aruncat decît absența

ei, va sălășlui într-o mulțime de corpuri atît bune cît și rele de-a lungul multor generații. Din punctul de vedere al genei respective, celelalte cauze ale morții vor fi în medie cam aceleași. Din perspectiva genei există doar concepția stabilită pe termen lung al rîului de ADN curgînd neîntrerupt de-a lungul generațiilor numai temporar adăpostite într-un corp sau altul, numai temporar împărțind un corp cu genele companioane care pot fi favorizante sau defavorizante.

În timp, rîul devine plin de gene utile supraviețuirii din anumite motive: fiindcă îmbunătățesc oarecum capacitatea de a arunca sulița sau pe cea de a gusta otrava sau orice altceva. Genele care în medie sînt mai puțin utile supraviețuirii — deoarece tind să producă o vedere astignatică în corpurile lor succesive și care sînt, ca urmare, mai puțin utile aruncătorilor de suliță; sau care fac corpurile lor succesive mai puțin atrăgătoare și, ca urmare, cu șanse mai mici de împerechere — astfel de gene vor tinde să dispară din rîu. În toate acestea nu uitați concluziile la care am ajuns mai devreme. Genele care supraviețuiesc în rîu vor fi cele bune pentru supraviețuire, în condițiile de mediu normale ale speciei, și poate cea mai importantă componentă a mediului normal o reprezintă celelalte gene ale speciei; celelalte gene cu care o genă este probabil să împartă același corp; celelalte gene care înoată prin erele geologice în același rîu.

CAPITOLUL 2

Întreaga Africă și progeniturile ei

S-a crezut adesea că e inteligent să afirmi că știința nu este nimic mai mult decît mitul nostru modern privind originea. Evreii i-au avut pe Adam și Eva, sumerienii pe Marduk și Gilgamesh, grecii pe Zeus și pe olimpieni, nordicii, Walhalla. Ce este evoluția, se întreabă unii oameni inteligenți, dacă nu echivalentul nostru modern al zeilor și eroilor epopeelor, nici mai buni, nici mai răi, nici mai adevărați, nici mai falși? Există un curent filozofic la modă numit relativism cultural care susține, în forma lui extremă, că știința nu poate avea pretenția de a cunoaște adevărul mai mult decît mitul tribal: știința este doar mitologia favorizată de tribul nostru occidental modern. Odată, am fost provocat de către un coleg antropolog să-mi exprim opinia tranșant: să presupunem că există un trib, am spus, care crede că luna este o tigvă aruncată cîndva pe cer, atîrnînd printre vîrfurile copacilor. Pretinzi sincer că adevărul nostru științific — luna este aproape la un sfert de milion de mile depărtare și are un sfert din diametrul pămîntului — nu este mai adevărat decît tigva tribului? „Da", a răspuns antropologul. „Noi am fost educați într-o cultură

care vede lumea într-un mod științific. Ei au fost crescuți să vadă lumea în alt fel. Nici un punct de vedere nu este mai adevărat decît celălalt."

Arată-mi un relativist cultural la o distanță de treizeci de mii de picioare și-ți voi arăta un ipocrit. Avioanele construite conform principiilor științifice funcționează. Ele zboară și te duc la destinația aleasă. Avioanele construite după specificațiile tribale sau mitologice cum sînt acele imitații ale avioanelor din luminișurile junglei sau aripile din ceară de albine ale lui Icar nu funcționează*. Dacă zbori la un congres internațional de antropologie sau critică literară, motivul pentru care probabil vei ajunge acolo — motivul pentru care nu te prăbușești direct pe un cîmp arat — este acela că o mulțime de ingineri occidentali, pregătiți științific, și-au făcut corect calculele. Știința apuseană, bazîndu-se pe dovezi temeinice conform cărora orbita lunii se află la o distanță de un sfert de milion de mile de pămînt, folosind computere și rachete proiectate în Occident, a reușit să plaseze

---

* Nu este prima dată cînd folosesc acest argument zdrobitor, și trebuie să accentuez că el se adresează numai oamenilor care gîndesc despre tigvă asemănător colegului meu. Sînt alții care, confuzi, se declară, de asemenea, relativiști culturali, deși opiniile lor sînt complet diferite și perfect raționale. Pentru ei, relativismul cultural înseamnă doar că nu poți înțelege o cultură dacă încerci să-i interpretezi credințele în termenii culturii tale. Trebuie să privești fiecare dintre credințele culturii în contextul altor credințe ale acelei culturi. Cred că această formă rațională a relativismului cultural este una originală, iar cea pe care am criticat-o este una extremistă, îngrijorător de răspîndită totuși, pervertind-o pe cea rezonabilă. Relativiștii înțelepți ar trebui să se străduiască mai mult, să se distanțeze de această categorie fără minte. (N. a.)

oameni pe suprafața ei. Știința tribală, care crede că luna se află deasupra copacilor, nu va ajunge la ea decît în vise.

Rareori susțin un discurs public fără ca un membru al auditoriului să nu intervină radios cu ceva în genul colegului meu antropolog, și de obicei smulge murmure de încuviințare. Fără îndoială, cei care îl aprobă se simt buni și liberali și nerasiști. Afirmația următoare provoacă încă și mai multe murmure de încuviințare: „în mod fundamental, încrederea dumneavoastră în evoluție provine din credință, și prin urmare nu este mai bună decît credința altcuiva în grădina Edenului."

Fiecare trib a avut propriul mit despre originea sa, propria poveste care explică universul, viața și umanitatea. Într-un anumit sens, știința furnizează într-adevăr echivalentul acestuia, cel puțin pentru segmentul educat al societății noastre moderne. Știința poate fi descrisă chiar ca o religie, și eu am publicat, nu pe de-a-ntregul în glumă, un scurt studiu despre știință, ca subiect potrivit orelor de religie*. (În Marea Britanie, educația religioasă este o parte obligatorie a activității școlare, nu ca în Statele Unite, unde este interzisă din teama de a ofensa vreuna din multele credințe reciproc incompatibile.) Știința împarte cu religia pretenția de a răspunde întrebărilor profunde despre origine, natura vieții și cosmos. Dar asemănarea se sfîrșește aici. Spre deosebire de mituri și credințe, convingerile științifice sînt susținute de dovezi și au rezultate.

Dintre toate miturile originii, povestea evreiască a grădinii Edenului este așa de răspîndită în cultura noastră încît și-a lăsat ca moștenire numele unei teorii

---

* *The Spectator*, Londra, 6 august 1994.

științifice importante despre originea noastră, teoria „Evei africane". Dedic acest capitol Evei africane în parte pentru că altfel nu voi putea să dezvolt analogia cu rîul de ADN, dar, de asemenea, și pentru că vreau să o contrapun, ca ipoteză științifică, matriarhatului legendar al grădinii Edenului. Dacă voi reuși, veți găsi adevărul mai interesant, poate chiar mai poetic, decît mitul. Începem cu un exercițiu de pur raționament. Relevanța lui va deveni curînd limpede.

Aveți doi părinți, patru bunici, opt străbunici și așa mai departe. Cu fiecare generație, numărul de strămoși se dublează. Ne întoarcem cu g în urmă generații și numărul strămoșilor este 2 înmulțit cu el însuși de g ori: 2 la puterea g. Deci, prin calcul pur teoretic, constatăm imediat că așa ceva nu este posibil. Ca să ne convingem noi înșine de aceasta trebuie doar să ne întoarcem puțin în timp, să zicem, pe vremea lui Isus, cu aproape două mii de ani în urmă. Dacă presupunem, fără a exagera, patru generații pe secol — adică faptul că oamenii se căsătoresc și nasc copii în medie, la vîrsta de douăzeci și cinci de ani — două mii de ani totalizează numai optzeci de generații. Cifra reală este probabil mai mare (pînă de curînd multe femei deveneau mame la o vîrstă foarte fragedă), dar acesta este doar un calcul simplu, iar concluzia este aceeași indiferent de asemenea detalii. Doi multiplicat cu doi de optzeci de ori este un număr formidabil, un 1 urmat de 24 de zero, un trilion de trilioane. Ai avut un milion de milioane de milioane de milioane de strămoși care erau contemporanii lui Isus. Și la fel am avut și eu. Dar întreaga populație a lumii la acea dată era o fracțiune a unei fracții neglijabile din numărul strămoșilor pe care tocmai i-am calculat.

Evident, am greșit undeva, dar unde? Am făcut calculul corect. Singura greșeală a constat în presupu-

nerea dublării numărului în fiecare generație. De fapt, am uitat că rudele se căsătoresc. Presupun că fiecare avem opt străbunici. Dar orice copil rezultat din căsătoria între veri primari are doar șase străbunici, deoarece bunicii comuni ai verilor sînt străbunicii copiilor. „Și cei cu asta?", ați putea întreba. Oamenii se căsătoresc întîmplător cu rudele lor (soția lui Charles Darwin, Emma Wedgwood, îi era vară primară), dar cu siguranță nu se întîmplă suficient de des pentru ca acest fapt să fie luat în calcul? Ba da, trebuie, deoarece „rudă", din punctul nostru de vedere, include veri de gradul doi, cinci, șaisprezece și așa mai departe. Cînd iei în calcul veri atît de îndepărtați, fiecare căsătorie este una între rude. Auzi uneori oameni care se laudă că sînt rude îndepărtate cu regina, dar e mai degrabă o vanitate a lor, pentru că noi *toți* sîntem rude îndepărtate ale reginei, și cu toți ceilalți, din mai multe puncte de vedere decît vor putea fi stabilite vreodată. Singurul aspect special al regalității și aristocrației este că în cazul lor se poate stabili înrudirea cu exactitate. Ca și cel de al patrusprezecelea conte al Casei Regale care ar fi spus cînd a fost ironizat de adversarul său politic în privința titlului: „Presupun domnul Wilson, dacă mă gîndesc bine, al patrusprezecelea domn Wilson."

Rezultatul este că sîntem rude mult mai apropiate unii cu alții decît ne închipuim în mod normal și că avem mult mai puțini strămoși decît arată calculul simplu. Încercînd să fac să raționeze din această perspectivă, i-am cerut o dată unei studente să evalueze cu cît timp în urmă ar fi putut să trăiască un strămoș pe care noi doi l-am avut în comun. Privindu-mi cu atenție fața, ea a replicat fără ezitare, cu un accent rural,

tărăgănat: „Pe vremea maimuței.“ Un salt intuitiv scuzabil, dar aproximativ 10 000 la sută greșit. Ar sugera o separație măsurată în milioane de ani. Adevărul este că cel mai recent strămoș comun al ei și al meu a trăit poate cu nu mai mult de două secole în urmă, probabil mult după William Cuceritorul. De altfel, am fost cu siguranță rude, în mod simultan, în multe feluri diferite.

Modelul ascendenței care ne-a condus la calcularea unui număr exagerat de strămoși a fost un arbore care se ramifica la infinit. Întors cu susul în jos, și la fel de greșit, este modelul arborelui descendenței. Un individ obișnuit are doi copii, patru nepoți, opt strănepoți și așa mai departe în jos spre imposibile trilioane de descendenți peste cîteva secole. Un model mult mai realist, al ascendenței și descendenței este rîul de gene care curge, prezentat în capitolul anterior. Între malurile sale, genele sînt un rîu care se rostogolește la infinit prin timp. Curenții se învolburează, se despart și se unesc din nou tot așa cum genele se amestecă și se despart mergînd pe rîul timpului. Scoateți la intervale o găleată de apă din diverse puncte aflate de-a lungul rîului. Perechi de molecule din găleată au mai fost companioni înainte, la intervale, în timpul înaintării lor pe rîu în jos și vor mai fi companioni încă o dată. Ele au fost, de asemenea, foarte îndepărtate în trecut și vor fi din nou. Este greu să stabilești punctele de contact, dar putem fi matematic siguri că aceste contacte au loc — matematic siguri că, dacă două gene nu sînt în contact într-un anumit loc, nu va trebui să căutăm departe, în ambele direcții de-a lungul rîului pînă cînd ele se vor găsi din nou împreună.

Poți să nu știi că ești ruda soțului tău, dar este statistic probabil că nu va trebui să mergi prea departe în

ascendența ta pînă cînd vei întîlni o joncțiune cu spița lui. Privind în cealaltă direcție, către viitor, ar părea evident să existe mari șanse să ai descendenți cu soțul sau soția ta. Dar în acest moment intervine un gînd și mai uimitor. Să presupunem că ești cu un grup mare de oameni — să zicem, la un concert sau la un meci de fotbal —, privești în jur publicul și reflectezi asupra următorului lucru: dacă vei avea totuși cîțiva descendenți în viitorul îndepărtat, există probabil oameni la același concert ale căror mîini le poți strînge în calitate de coancestori ai viitorilor tăi descendenți. Co-bunicii acelorași copii de obicei știu că sînt coancestori, și aceasta trebuie să le dea lor un anumit sentiment de afinitate, fie că le place, fie că nu le place. Se pot uita unul la altul spunînd: „Ei bine, pot să nu-l plac prea mult, dar ADN-ul lui este amestecat cu al meu în nepotul nostru comun și putem spera să avem descendenți comuni în viitor, mult timp după ce nu vom mai fi. Desigur, asta creează o legătură între noi.“ Dar părerea mea este că dacă totuși vei fi binecuvîntat cu descendenți, unii dintre străinii de la concert vor fi probabil coancestorii tăi. Poți observa publicul și să meditezi care indivizi, bărbat sau femeie, sînt meniți să aibă descendenți comuni cu tine și care nu. Tu și cu mine, oricine ai fi și orice culoare sau sex ai avea, putem fi foarte bine coancestori. ADN-ul tău poate fi destinat să se amestece cu al meu. Salutări!

Acum să presupunem că ne întoarcem înapoi cu o mașină a timpului, probabil într-o mulțime în Colosseum, sau mult mai departe, într-o zi de tîrg în Ur, sau chiar încă și mai departe. Supraveghează mulțimea exact cum ne-am imaginat pentru publicul modern al concertului. Închipuiește-ți că ai putea împărți acești

indivizi dispăruți de mult în doar două categorii: cei care sînt și cei care nu sînt ancestorii tăi. Aceasta e destul de clar, dar acum ne apropiem de un adevăr remarcabil. Dacă mașina timpului te-a adus suficient de mult înapoi în timp, poți împărți indivizii întîlniți în cei care sînt ancestorii tuturor oamenilor care trăiesc în 1995 și în cei care nu au urmași care trăiesc în 1995. Nu există posibilități intermediare. Fiecare individ pe care ți-au căzut ochii cînd ai coborît din mașina timpului poate să fie un strămoș uman universal sau poate să nu fie strămoșul nimănui.

Aceasta este o idee care trebuie reținută și este foarte ușor să o demonstrezi. Tot ce trebuie să faci este să-ți deplasezi mental mașina timpului cu enorm de mult timp în urmă: să zicem, cu trei sute cincizeci de milioane în urmă, cînd strămoșii noștri erau pești cu înotătoare rotunjite, cu plămîni, care părăseau apa și deveneau amfibieni. Dacă un anumit pește ar fi strămoșul meu, ar fi de neconceput să nu fie totodată și strămoșul tău. În caz contrar, ar însemna că spița care a dus la tine și cea care a dus la mine s-au dezvoltat independent, fără încrucișarea lor, din pești prin amfibieni, reptile, mamifere, primate, maimuțe și hominide, ajungînd atît de asemănători încît putem vorbi unul cu altul și, dacă am fi de sex opus, ne-am putea căsători unul cu altul. Ce este valabil pentru noi doi este valabil pentru oricare pereche de oameni.

Am demonstrat că, dacă am călători înapoi în timp suficient de departe, fiecare individ pe care îl întîlnim trebuie să fie strămoșul fie al nostru, al tuturor, fie al nici unuia dintre noi. Dar cît de departe este „suficient de departe"? Evident, nu trebuie să ne întoarcem la peștii cu înotătoare rotunjite — aceasta a fost o

reductio ad absurdum —, dar cît de departe ar trebui să ne întoarcem pentru a ajunge la strămoșul universal al fiecărui om care trăiește în 1995? Aceasta este o întrebare mult mai dificilă la care vreau să revin. La o astfel de întrebare nu se poate răspunde teoretic. Avem nevoie de informații reale, măsurători din lumea concretă a faptelor particulare.

Sir Ronald Fisher, formidabilul genetician și matematician englez care ar putea fi considerat cel mai mare succesor al lui Darwin din secolul al XX-lea, precum și părintele statisticii moderne, a spus în 1930:

> Doar barierele geografice și alte bariere care se interpun relațiilor sexuale între diferite rase... împiedică întreaga specie umană să aibă, cu excepția ultimilor o mie de ani, practic o origine identică. Ascendența membrilor unei aceleiași națiii poate fi puțin diferită după ultimii cinci sute de ani; la două mii de ani, singurele diferențe care s-ar părea că rămîn ar fi acelea dintre rasele etnografice distincte; acestea... pot fi într-adevăr extrem de vechi; dar aceasta s-ar întîmpla numai în cazul în care pentru un timp îndelungat schimbul de sînge între grupurile separate ar fi aproape inexistent.

În termenii analogiei noastre cu rîul, Fisher s-a bazat de fapt pe realitatea că genele tuturor membrilor unei rase geografic unite se scurg prin același rîu. Dar cînd a ajuns la cifrele reale — cinci sute de ani, două mii de ani, vechimea separării diferitelor rase — Fisher a trebuit să facă evaluări pe bază de documente. Dovezi edificatoare nu erau disponibile în vremea lui. Acum, o dată cu evoluția biologiei moleculare, există o abundență stînjenitoare de informații. Biologia moleculară este cea care ne-a dat-o pe carismatica Eva africană.

Rîul digital nu este singura metaforă care a fost folosită. Este tentant să compari ADN-ul fiecăruia dintre noi cu o Biblie de familie. ADN-ul este o bucată de text foarte lungă, scrisă, așa cum am văzut în capitolul precedent, cu un alfabet de patru litere. Literele au fost meticulos copiate de la strămoșii noștri și numai de la ei, cu o remarcabilă fidelitate, chiar în cazul unor strămoși foarte îndepărtați. Ar trebui să fie posibil, prin compararea textelor conservate în diferiți oameni, să reconstituim relația lor de rudenie și să mergem înapoi la un strămoș comun. Rudele îndepărtate, al căror ADN a avut mai mult timp să se diversifice — să zicem, norvegienii și aborigenii australieni —, ar trebui să difere printr-un număr mai mare de cuvinte. Savanții fac un astfel de lucru cu diferitele versiuni ale documentelor biblice. Din nefericire, în cazul arhivelor de ADN există o hibă: sexul.

Sexul este coșmarul unui arhivar. În loc să păstreze intacte textele ancestrale, cu excepția, eventual, a unei erori inevitabile, sexul intervine la întîmplare și cu impetuozitate și distruge mărturiile. Nici un taur nu a devastat vreodată un magazin de porțelanuri așa cum a devastat sexul arhivele ADN. Nu există nimic asemănător în învățătura biblică. Așa cum se știe, un savant care încearcă să descopere, să zicem, originile *Cîntării* lui Solomon, își dă seama că nu este tocmai ceea ce pare a fi. Cîntarea are pasaje care nu se leagă de restul, sugerînd că este compusă într-adevăr din fragmente ale cîtorva poeme diferite, doar cîteva dintre ele erotice, adunate laolaltă. Ea conține erori — schimbări — în special în traducere. „Prindeți vulpile, prindeți puii lor, ele ne strică viile" este o traducere greșită și, chiar dacă prin repetarea de-a lungul timpului ea a ajuns să aibă o

rezonanță obsedantă, este puțin probabil să fie înlocuită prin mult mai corecta „Prindeți liliecii de fructe, micuții lilieci de fructe...“:

> Iarna a trecut, ploaia a-ncetat. Flori pe cîmp s-au arătat și a sosit vremea cîntării, în țarină glas de turturea s-aude.

Poezia este atît de fermecătoare încît nu aș vrea să-i stric vraja remarcînd că și aici apare o schimbare neîndoielnică. Să înlocuim „turturea“ cu „porumbel“, așa cum o fac traducerile moderne corecte, dar greoaie, și constatăm că se pierde ritmul. Dar acestea sînt erori minore, inevitabile, degradări fără importanță la care ne așteptăm atunci cînd documentele nu sînt tipărite în mii de exemplare sau imprimate pe dischete de calculator de mare fidelitate, ci doar copiate și recopiate de scribi muritori de pe papirusuri găsite cu greu și vulnerabile.

Dar acum să lăsăm sexul să intre în scenă. (Nu, în sensul de care vorbesc eu, sexul nu intră în *Cîntarea cîntărilor*.) Sexul, în sensul în care mă refer eu, distruge o jumătate dintr-un document sub formă de fragmente alese la întîmplare și amestecă ceea ce rămîne cu jumătate din alt document făcut ferfeniță. Incredibil — ba chiar un act de vandalism — așa ar părea, asta e exact ceea ce se întîmplă ori de cîte ori se formează o celulă sexuală. De exemplu, cînd un bărbat produce o celulă spermatică, cromozomii moșteniți de la tatăl său se despart de cei moșteniți de la mama sa și o mare parte își schimbă locurile. Cromozomii unui copil reprezintă un amestec atît de încîlcit al cromozomilor bunicilor încît devin neidentificabili, și așa mai departe înapoi la strămoșii lui îndepărtați. Din posibilele texte străvechi,

unele litere, poate unele cuvinte, pot să supraviețuiască intacte de-a lungul generațiilor. Dar capitolele, paginile, chiar paragrafele sînt decupate și recombinate cu o eficiență atît de nemiloasă, încît sînt aproape de nefolosit într-o investigare istorică. Sexul este marele disimulator al istoriei ancestrale.

Putem folosi arhivele ADN pentru a reconstitui istoria numai dacă sexul nu intră în joc. Mă gîndesc la două exemple importante. Unul se referă la Eva africană, și voi reveni la el. Celălalt se referă la reconstituirea originii mai îndepărtate — cercetînd mai degrabă relațiile dintre specii decît pe cele intraspecifice. Așa cum am văzut în capitolul precedent, amestecul determinat de sex are loc doar în interiorul speciei. Cînd o specie parentală dă naștere unei specii fiice, rîul de gene se împarte în două ramuri. După ce au fost suficient timp despărțite, amestecul determinat de sex în interiorul fiecărui rîu nu numai că nu este un obstacol pentru arhivarul genetic, ci chiar ajută la reconstituirea originii și a relațiilor de înrudire dintre specii. Numai în cazul relațiilor de înrudire din interiorul speciei, sexul încurcă mărturiile. În cazul relațiilor dintre specii, sexul ajută deoarece tinde automat să facă din fiecare individ o probă genetică reprezentativă pentru întreaga specie. Nu contează ce găleată scoți afară din mult învolburatul rîu; va fi reprezentativă pentru apa din acel rîu.

Testele ADN prelevate de la reprezentanții diferitelor specii au fost într-adevăr comparate, cu mare succes, literă cu literă, pentru a construi arborii genealogici ai speciilor. Este chiar posibil, conform unei școli influente de gîndire, să pui datele pe ramuri. Această posibilitate decurge din mult controversata noțiune de „ceas molecular“: presupunerea că mutațiile, în orice regiune a textului genetic, se produc cu

o rată constantă per milion de ani. Vom reveni imediat la ipoteza ceasului molecular.

„Paragraful" din genele noastre care descrie proteina numită citocrom *c* are o lungime de 339 litere. Schimbarea a douăsprezece litere separă citocromul *c* uman de citocromul *c* al cailor, rudele noastre destul de îndepărtate. Numai o literă schimbată din citocromul *c* separă oamenii de maimuțe (rudele noastre destul de apropiate), o literă schimbată separă caii de măgari (rudele lor foarte apropiate) și trei litere schimbate separă caii de porci (rudele lor oarecum mai îndepărtate). Schimbarea a 45 de litere separă oamenii de drojdii și același număr desparte porcii de drojdii. Nu este surprinzător că aceste numere ar putea fi aceleași, deoarece, dacă urmărim înapoi rîul care duce la oameni, observăm că acesta se unește cu cel care conduce la porci mult mai recent decît se unește rîul lor comun cu rîul care conduce la drojdii. Există totuși o mică variație a acestor numere. Numărul schimbărilor de litere în citocromul *c* care separă caii de drojdii nu este 45 ci 46. Aceasta nu înseamnă că porcii sînt rude mai apropiate ale drojdiilor decît caii. Ei sînt la fel de apropiați de drojdii ca și celelalte vertebrate — și de fapt toate animalele. Poate că s-a strecurat o schimbare suplimentară în spița care a dus la cai de pe vremea strămoșului destul de recent pe care-l au în comun cu porcii. Aceasta nu este un lucru important. În ansamblu, numărul schimbărilor de litere în citocromul *c* care desparte perechile de animale este destul de apropiat de cel la care ne-am fi așteptat, rezultat din modelul ramificației arborelui genealogic.

Teoria ceasului molecular, după cum am menționat, susține că rata schimbării unei anumite bucăți de text

per milion de ani este fixă. În legătură cu schimbările celor 46 de litere ale citocromului *c* care separă caii de drojdii, se presupune că aproximativ jumătate dintre acestea s-au produs în timpul evoluției de la strămoșul comun la caii actuali și aproape jumătate au avut loc în timpul evoluției de la strămoșul comun la drojdiile actuale (evident, celor două căi de evoluție le-a fost necesar același număr de milioane de ani pentru a se realiza). La prima vedere această supoziție pare surprinzătoare. La urma urmelor, este foarte probabil ca strămoșul comun să fi semănat mai mult cu drojdiile decît cu un cal. Reconcilierea rezidă în presupunerea, acceptată tot mai mult de la susținerea ei de către eminentul genetician japonez Motoo Kimura, că cea mai mare parte a textelor genetice se pot schimba liber fără ca înțelesul textului să fie afectat.

O bună analogie este folosirea mai multor caractere de litere într-un text tipărit. „Un **cal** este un **m a m i f e r**." „O **drojdie** este o **c i u p e r c ă**." Înțelesul acestor propoziții este clar și răspicat, chiar dacă fiecare cuvînt este tipărit cu diferite caractere de litere. Ceasul molecular ticăie corespunzător schimbărilor fără sens ale caracterelor pe măsură ce milioanele de ani trec. Schimbările care sînt supuse selecției naturale și care descriu diferențele dintre un cal și o drojdie — schimbările în *înțelesul* propozițiilor — sînt vîrful aisbergului.

Unele molecule au un ritm al ceasului mai înalt decît altele. Citocromul *c* evoluează relativ încet: aproximativ o literă se schimbă la fiecare douăzeci și cinci de milioane de ani. Aceasta probabil deoarece importanța vitală a citocromului *c* pentru supraviețuirea unui organism depinde în mod critic de forma sa detaliată. Cele mai multe schimbări ale unei astfel de

molecule cu formă critică nu sînt tolerate de selecția naturală. Alte proteine, ca de exemplu cele numite fibrinopeptide, deși sînt importante, funcționează la fel de bine într-o mulțime de forme variate. Fibrinopeptidele sînt implicate în coagularea sîngelui și cele mai multe din detaliile lor se pot modifica fără a afecta capacitatea de coagulare. Rata schimbărilor în aceste proteine este în jur de una la fiecare șase sute de mii de ani, o rată de patruzeci de ori mai rapidă decît cea a citocromului *c*. Prin urmare, fibrinopeptidele nu sînt bune pentru reconstituirea ascendenței străvechi, dar sînt utile pentru reconstituirea ascendenței mai recente — de exemplu, în cadrul mamiferelor. Există sute de proteine diferite, fiecare schimbîndu-se cu propriul său ritm caracteristic și fiecare putînd fi folosită independent pentru reconstituirea arborilor genealogici. Toate dau cam același arbore genealogic ceea ce, pentru că a venit vorba, este o dovadă destul de bună, dacă mai era necesară vreuna, că teoria evoluției este adevărată.

Am început această discuție de la înțelegerea faptului că amestecul determinat de sex învălmășește înregistrarea istorică. Există două căi prin care efectele sexului ar putea fi evitate. Tocmai ne-am ocupat de una dintre ele, care decurge din faptul că sexul nu amestecă gene între specii. Aceasta oferă posibilitatea folosirii secvențelor de ADN pentru reconstituirea arborilor genealogici străvechi ai strămoșilor noștri îndepărtați care au trăit cu mult înainte ca noi să devenim ființe umane. Dar am stabilit deja că, dacă ne-am întoarce atît de departe, am constata că noi oamenii descindem în orice caz din același unic individ. Am vrut să aflăm cît de departe în urmă am putea

să ne revendicăm descendența comună cu toți ceilalți oameni. Pentru a descoperi acest lucru trebuie să ne referim la un fel diferit de mărturie ADN. În acest punct intervine în scenariu Eva africană.

Eva africană este numită uneori Eva mitocondrială. Mitocondriile sînt corpusculi minusculi în formă de pastile, mișunînd cu miile în fiecare din celulele noastre. Ele sînt în esență goale în interior, dar au totuși o structură internă complicată, fiind compartimentate prin intermediul unor membrane. Suprafața furnizată de aceste membrane este mult mai mare decît s-ar putea crede după aspectul lor exterior și ea este folosită. Membranele constituie liniile de producție ale unei uzine chimice — mai precis, o centrală energetică. Un lanț de reacții atent controlat se desfășoară de-a lungul membranelor — un lanț de reacții care implică mai multe etape decît în oricare uzină chimică creată de om. Rezultatul este că energia, care își are originea în moleculele de hrană, este eliberată în etape controlate și stocată în formă reutilizabilă pentru a fi arsă mai tîrziu, de cîte ori este nevoie, oriunde în organism. Fără mitocondriile noastre am muri într-o secundă.

Aceasta este activitatea mitocondriilor, dar acum ne interesează mai mult originea lor. Inițial, în istoria străveche a evoluției, ele erau bacterii. Aceasta este remarcabila teorie susținută de către cunoscuta Lynn Margulis de la University of Massachusetts at Amherst, care, de la niște începuturi heterodoxe, a trecut printr-o perioadă în care a trezit un interes plin de invidie, cunoscînd în ziua de azi triumful acceptării unanime. În urmă cu două miliarde de ani, strămoșii îndepărtați ai mitocondriilor erau niște

bacterii care trăiau libere. Împreună cu alte bacterii de tipuri diferite, și-au stabilit domiciliul în interiorul celulelor mai mari. Comunitatea de bacterii („procariote") rezultată a devenit o celulă mare („eucariotă") pe care noi o numim a noastră. Fiecare dintre noi este o comunitate de sute de milioane de milioane de celule eucariote interdependente. Fiecare dintre aceste celule este o comunitate de mii de bacterii domesticite, în întregime incluse în interiorul celulei, unde se multiplică precum bacteriile. S-a calculat că dacă mitocondriile unui singur organism uman s-ar înlănțui cap la cap, ar putea înconjura pământul nu doar o dată, ci de două mii de ori. Un singur animal sau o singură plantă este o vastă comunitate de comunități înghesuite în straturi care interacționează, ca o pădure tropicală. Și așa cum se întîmplă în pădurea tropicală, care este o comunitate în care mișună poate zece milioane de specii de organisme, fiecare membru individual al fiecărei specii fiind el însuși o comunitate de comunități de bacterii domesticite. Teoria doctorului Margulis asupra originii — celula ca o grădină cu bacterii împrejmuită — nu e numai incomparabil mai sugestivă, emoționantă și înălțătoare decît povestea grădinii Edenului. Ea are avantajul suplimentar de a fi aproape cu certitudine adevărată.

Asemenea majorității biologilor, îmi însușesc acum adevărul teoriei lui Margulis, și am menționat-o în acest capitol doar pentru a urmări o implicație deosebită: mitocondriile posedă propriul lor ADN, care este limitat la un singur cromozom circular ca și la alte bacterii. Și acum, să vă spun unde am vrut să ajung. ADN-ul mitocondrial nu participă la nici un amestec determinat de sex, nici cu ADN-ul principal,

„nuclear", al organismului și nici cu ADN-ul altor mitocondrii. Mitocondriile, asemănător bacteriilor, se reproduc prin simplă diviziune. Întotdeauna o mitocondrie se divide în mitocondrii fiice, fiecare dintre ele obținînd cîte o copie identică — exceptînd mutația neprevăzută — a cromozomului original. Acum puteți vedea frumusețea acestui fapt, din punctul nostru de vedere, ca genealogi ai unor perioade îndelungate. Am aflat că, în ce privește textele noastre ADN obișnuite, în fiecare generație sexul încurcă mărturiile, amestecînd contribuțiile liniilor materne și paterne. ADN-ul mitocondrial este din fericire celibatar.

Primim mitocondriile doar de la mamă. Spermatozoizii sînt prea mici pentru a conține mai mult decît cîteva mitocondrii; ei conțin doar atît cît să le dea energia necesară propulsării prin mișcările cozilor spre ovul, și aceste mitocondrii sînt îndepărtate o dată cu coada, cînd capul spermatozoidului este absorbit în ovul în timpul fecundării. Spre deosebire de spermatozoid, ovulul este masiv, iar interiorul lui imens, plin cu lichid, conține o bogată cultură de mitocondrii. Această cultură însămînțează corpul ccpilului. Așa că, indiferent dacă sînteți femeie sau bărbat, toate mitocondriile dumneavoastră descind dintr-un inocul inițial al mitocondriilor mamei dumneavoastră. Indiferent dacă sînteți bărbat sau femeie, toate mitocondriile dumneavoastră provin din mitocondriile bunicii din partea mamei. Nici una de la tatăl dumneavoastră, nici una de la vreunul din bunici și nici una de la bunica din partea tatălui dumneavoastră. Mitocondriile constituie o memorie independentă a trecutului, necontaminată de către ADN-ul principal nuclear care poate proveni, în egală

măsură, de la oricare din cei patru bunici, de la oricare din cei opt străbunici și așa mai departe.

ADN-ul mitocondrial este necontaminat, dar nu este imun la mutații — erori întîmplătoare în copiere. Într-adevăr, suferă mutații cu o frecvență mai mare decît „propriul" nostru ADN, deoarece (cum este în cazul tuturor bacteriilor) nu posedă sofisticatul mecanism de corectare a citirii pe care celulele noastre l-au elaborat de-a lungul vremurilor. Vor exista unele diferențe între ADN-ul dumneavoastră mitocondrial și al meu. Iar numărul diferențelor va fi proporțional cu timpul scurs de cînd s-au despărțit strămoșii noștri. Nu *oricare* dintre strămoșii noștri, ci doar aceia pe linie maternă maternă maternă... Dacă se întîmplă ca mama dumneavoastră să fie o australiancă pură sau o chinezoaică pură sau o kung-san pură din Kalahari, vor fi destul de multe diferențe între ADN-ul dumneavoastră mitocondrial și al meu. În ce privește diferențele existente între mitocondriile dumneavoastră nu contează cine este tatăl dumneavoastră: el poate fi un marchiz englez sau o căpetenie Sioux. Și acest lucru este întotdeauna valabil pentru oricare dintre strămoșii dumneavoastră masculi.

Există, așadar, o apocrifă mitocondrială distinctă înmînată în decursul generațiilor împreună cu Biblia esențială a familiei, dar avînd marea calitate de a fi transmisă doar pe linie femeiască. Acesta nu este un punct de vedere sexist; ar fi același lucru dacă s-ar transmite doar pe linie bărbătească. Calitatea constă în faptul că ea rămîne intactă, că nu este fărîmițată și amestecată în fiecare generație. O descendență constantă prin unul din cele două sexe, și nu prin amîndouă, este ceea ce ne trebuie nouă ca genealogi ADN.

Cromozomul Y care, la fel ca numele de familie, se transmite doar pe linie bărbătească, poate fi teoretic la fel de bun, dar conține prea puține informații pentru a fi folositor. Apocrifa mitocondrială este ideală pentru a data strămoșii comuni în interiorul unei specii.

ADN-ul mitocondrial a fost studiat de un grup de cercetători asociați cu răposatul Allan Wilson din Berkeley, California. În anii 1980, Wilson și colegii lui au luat eșantioane de ADN mitocondrial de la 135 femei în viață, provenind din toată lumea — aborigene australiene, locuitoare ale ținuturilor înalte din Noua Guinee, native americane și europene, chinezoaice și reprezentante ale diferitelor populații din Africa. Au studiat numărul diferențelor de litere care separă fiecare femeie de fiecare altă femeie. Au introdus aceste numere în calculator și i-au cerut acestuia să construiască cel mai economicos arbore genealogic posibil. „Economicos" înseamnă aici să elimini pe cît posibil nevoia de a accepta coincidența. Se impun cîteva explicații.

Să revenim la discuția anterioară despre cai, porci și drojdii și la analizele secvenței de litere a citocromului *c*. Vă amintiți de caii care diferă de porci prin doar trei litere, porcii care diferă de drojdii prin 45 de litere și caii care diferă de drojdii prin 46 de litere. Am spus că, în teorie, dat fiindcă sînt legați unii de alții printr-un strămoș comun relativ recent, caii și porcii ar trebui să se afle la aceeași distanță de drojdii. Diferența dintre 45 și 46 este o anomalie, ceva care într-o lume ideală nu ar trebui să existe. Ea poate fi determinată de o mutație suplimentară pe ruta care duce la cai sau de o mutație inversă pe ruta care duce la porci.

Acum, oricît de absurdă este o astfel de idee în realitate, se poate imagina că porcii sînt într-adevăr

mult mai apropiați de drojdii decît de cai. Teoretic, este posibil ca porcii și caii să fi ajuns la o mare asemănare (textele lor pentru citocromul *c* se deosebesc doar prin 3 litere, și corpurile lor sînt în esență construite după un același model de tip mamifer) printr-o uriașă întîmplare. Motivul pentru care nu credem aceasta este că numărul asemănărilor între porci și cai este mult mai mare decît numărul celor dintre porci și drojdii. Indiscutabil, există o singură literă de ADN care-i apropie aparent pe porci mai mult de drojdii decît de cai, dar aceasta este copleșită de milioanele de asemănări din alte puncte de vedere. Argumentul este unul de natură economică. Dacă admitem că porcii sînt apropiați de cai, trebuie să acceptăm doar o singură asemănare întîmplătoare. Dacă admitem că porcii sînt înrudiți cu drojdiile, trebuie să postulăm un enorm și nerealist șir de asemănări întîmplătoare independent dobîndite.

În cazul cailor, porcilor și drojdiilor, argumentul economic este prea zdrobitor pentru a ne îndoi. Dar în ADN-ul mitocondrial al diferitelor rase umane nu există nimic zdrobitor în privința asemănărilor. Argumentele economice se aplică și aici, dar ele sînt argumente slabe, cantitative, nu sînt solide, zdrobitoare. Iată, teoretic, ce trebuie să facă un calculator. El trebuie să facă o listă a tuturor arborilor genealogici posibili, care stabilesc înrudirea celor 135 de femei. Apoi, calculatorul examinează această mulțime de arbori posibili și îl alege pe cel mai economicos — adică, cel care reduce la minim numărul asemănărilor întîmplătoare. Trebuie să acceptăm că și cel mai bun arbore ne va obliga probabil să admitem cîteva mici coincidențe, tot așa cum am fost obligați să acceptăm că din

cauza unei singure litere din ADN, drojdiile sînt mai înrudite cu porcii decît cu caii. Dar — cel puțin teoretic — calculatorul ar trebui să fie în stare să nu treacă ușor peste acest lucru și să ne înștiințeze care dintre mulții arbori posibili este cel mai economicos, cel mai puțin încărcat de coincidențe.

Aceasta se întîmplă în teorie. În practică, există un inconvenient. Numărul arborilor posibili este mai mare decît ne putem imagina tu, eu sau oricare matematician. Pentru cal, porc și drojdie există doar trei arbori posibili. Cel, în mod evident, corect este *[[porc cal] drojdie]*, cu porcul și calul cuibăriți împreună între parantezele interioare și drojdia ca „grup exterior", neînrudit. Ceilalți doi arbori teoretici sînt *[[porc drojdie] cal]* și *[[cal drojdie] porc]*. Dacă am adăuga un al patrulea animal, să zicem, sepia, numărul arborilor posibili crește la doisprezece. Nu-i vom înșira pe toți doisprezece, dar cel adevărat (cel mai economicos) este *[[[porc cal] sepie] drojdie]*. Din nou, porcul și calul ca rude apropiate, sînt comod cuibărite împreună între parantezele interioare. Sepia este următoarea care se alătură clubului avînd un strămoș mult mai apropiat cu ramura porc/cal decît drojdia. Oricare dintre ceilalți unsprezece arbori — de exemplu *[[porc sepie] [cal drojdie]]* — este categoric mai puțin economicos. Este foarte improbabil ca porcul și calul să fi ajuns independent la numeroasele lor asemănări dacă porcul era într-adevăr o rudă mai apropiată sepiei, iar calul era într-adevăr o rudă mai apropiată a drojdiei.

Dacă cu trei animale se obțin trei arbori posibili și cu patru, doisprezece arbori posibili, cît de mulți arbori ar putea fi construiți pentru 135 de femei? Răspunsul este un număr ridicol de mare, și nici nu

are rost să-l scriu. Dacă cel mai mare și cel mai rapid calculator din lume ar fi programat să execute listări ale tuturor arborilor posibili, sfîrșitul lumii ar veni înainte ca acest calculator să termine de lucrat.

Cu toate acestea, problema nu este insolubilă. Ne-am obișnuit să prelucrăm, prin tehnici judicioase de prelevare a eșantioanelor, numere excesiv de mari. Nu putem număra insectele din bazinul Amazonului, dar putem estima numărul lor prelevînd probe din parcele mici amplasate la întîmplare prin pădure și presupunînd că aceste parcele sînt reprezentative. Calculatorul nostru nu poate examina toți arborii posibili care reunesc cele 135 de femei, dar poate să preleveze probe, la întîmplare, din mulțimea tuturor arborilor posibili. Dacă, ori de cîte ori extragi o probă din gigabilioanele arborilor posibili, programezi ca membrii cei mai economicoși ai probei să posede anumite trăsături comune, poți conchide că probabil cel mai economicos dintre toți arborii are aceleași trăsături.

Asta este ceea ce oamenii au și făcut. Dar nu este în mod necesar evident că aceasta este cea mai bună cale de urmat. Tot așa cum entomologii ar putea să nu fie de acord asupra celei mai reprezentative modalități de prelevare a probelor din pădurea braziliană, așa și genealogiștii ADN au folosit diferite metode de prelevare. Și, din nefericire, rezultatele nu concordă întotdeauna. Cu toate acestea, pentru valoarea lor, vă voi prezenta concluziile la care au ajuns membrii grupului Berkeley, în urma analizei originale a ADN-ului mitocondrial uman. Concluziile lor au fost extrem de interesante și provocatoare. Conform acestora, cel mai economicos arbore se dovedește a fi solid înrădăcinat în Africa. Ceea ce înseamnă că unii

africani sînt rude mult mai îndepărtate cu alți africani decît cu oricine altcineva din tot restul lumii. Întreg restul lumii — europenii, nativii americani, aborigenii australieni, chinezii, cei din Noua Guinee, inuiții și toți ceilalți — formează un grup de veri relativ apropiați. Unii africani aparțin acestui grup. Alții nu aparțin. Conform acestei analize, cel mai economicos arbore arată astfel: [unii africani [alți africani [încă alți africani [încă alți africani și oricine altcineva]]]]. Prin urmare, ei au ajuns la concluzia că marea noastră străbună a trăit în Africa: „Eva africană". După cum am mai spus, această concluzie este controversată. Alții pretind că există arbori la fel de economicoși ale căror ramuri extreme se află în afara Africii. Ei pretind de asemenea că grupul din Berkeley a obținut rezultate, în parte, distincte și din cauza succesiunii în care calculatorul lor a cercetat arborii posibili. Evident, succesiunea nu ar trebui să aibă importanță. Probabil că cei mai mulți experți ar paria încă pe faptul că Eva mitocondrială a fost africană, dar fără prea multă convingere.

A doua concluzie a grupului din Berkeley este mai puțin controversată. Nu are importanță locul unde a trăit Eva mitocondrială, ei pot să estimeze cînd. Se știe cît de rapid evoluează ADN-ul mitocondrial; prin urmare, poți pune o dată aproximativă la nivelul fiecărui punct de ramificare de pe arborele diversificării ADN-ului mitocondrial. Și punctul ramurii care unește toate femeile — data de naștere a Evei mitocondriale — se află cu 150 000 de ani pînă la 250 000 de ani în urmă.

Indiferent dacă Eva mitocondrială a fost sau nu africană, este important să evităm o confuzie posibilă

cu un alt punct de vedere conform căruia este un adevăr de netăgăduit că strămoșii noștri provin din Africa. Eva mitocondrială este un strămoș recent al tuturor oamenilor moderni. Ea era un membru al speciei *Homo sapiens*. Fosilele unui mult mai timpuriu hominid, *Homo erectus*, au fost descoperite atît în afara, cît și în interiorul Africii. Fosilele strămoșilor chiar mai îndepărtați decît *Homo erectus*, ca de exemplu *Homo habilis* și specii diferite de *Australopithecus* (incluzînd una nou descoperită, cu o vechime de peste patru milioane de ani) au fost găsite doar în Africa. Așadar, dacă sîntem descendenții unei diaspore africane din ultimul sfert de milion de ani, aceasta este a doua diasporă africană. A existat un exod mai timpuriu, probabil acum un milion și jumătate de ani în urmă, cînd *Homo erectus* a părăsit Africa pentru a coloniza unele părți ale estului central și Asia. Teoria Evei africane nu pretinde că acei asiatici mici timpurii nu au existat, ci că ei nu au lăsat descendenți viabili. Oricum am privi această problemă, noi sîntem cu toții, dacă ne întoarcem în urmă cu două milioane de ani, africani. Teoria Evei africane mai susține în plus că noi, toți descendenții supraviețuitori, am fi toți africani dacă ne întoarcem doar cu cîteva sute de mii de ani în urmă. Dacă noi dovezi ar sprijini această teorie, ar fi posibil să se găsească urmele ADN-ului mitocondrial modern la o străbună din afara Africii (să zicem Eva asiatică) acceptînd totodată că strămoșii noștri mai îndepărtați se pot găsi doar în Africa.

Să presupunem, deocamdată, că grupul din Berkeley are dreptate și să examinăm ce semnifică și ce nu concluziile lor. Porecla de „Eva" a avut consecințe nefericite. Unii entuziaști s-au ambalat în ideea că ea

trebuie să fi fost o femeie solitară, singura de pe pămînt, ultimul pasaj genetic îngust, chiar o justificare a genezei. Această idee este complet greșită. Adevărul este că ea nu era singura femeie de pe pămînt și nici populația nu era relativ mică la vremea ei. Camarazii ei de ambele sexe erau poate atît numeroși cît și fecunzi. Astăzi, ei pot avea încă numeroși descendenți în viață. Dar toți descendenții mitocondriilor lor au dispărut deoarece legătura lor cu noi a trecut, la un moment dat, într-un bărbat. În același mod un nume aristocratic (numele de familie sînt legate de cromozomii Y și se transmit numai pe linie masculină, exact ca imaginea în oglindă a mitocondriilor) poate dispărea, dar asta nu înseamnă că posesorii lui nu au descendenți. Ei pot avea numeroși descendenți pe alte căi decît calea exclusiv masculină. Afirmația corectă este că doar Eva mitocondrială este cea mai recentă femeie de la care se poate spune că au descins toți oamenii moderni pe linie exclusiv femeiască. *Trebuie* să existe *o* femeie despre care să se poată spune acest lucru. Singurele argumente discutabile sînt cînd și unde a trăit. Faptul că ea a trăit într-un anumit loc și într-o anumită perioadă este sigur.

Aici se face o a doua confuzie — una mai răspîndită chiar printre oameni de știință remarcabili, specialiști în domeniul ADN-ului mitocondrial, care consideră că Eva mitocondrială este strămoșul nostru comun cel mai recent. Această convingere se bazează pe o confuzie între „cel mai recent strămoș comun" și „cel mai recent strămoș comun în linie exclusiv femeiască". Eva mitocondrială este cel mai recent strămoș comun pe linie exclusiv femeiască, dar există multe alte căi de descendență, altele decît pe linie feminină. Milioane

de alte căi. Să ne întoarcem la calculele numărului de strămoși (eliminînd complicația căsătoriei între rude care a fost anterior argumentul principal). Dumneavoastră aveți opt străbunici, dar numai unul dintre ei este în linie exclusiv femeiască. Dumneavoastră aveți șaisprezece stră-străbunici, dar numai *unul dintre ei* este pe linie exclusiv femeiască. Chiar admițînd că mariajul dintre rude reduce numărul strămoșilor într-o generație dată, rămîne valabil că există mult, mult, mult mai multe căi de a fi un strămoș decît de a fi unul pe linie exclusiv femeiască. Mergînd înapoi pe cursul rîului nostru genetic, dincolo de antichitatea îndepărtată au existat probabil o mulțime de Eve și o mulțime de Adami — indivizi centrali, din care se poate spune că descindem noi toți oamenii anului 1995. Eva mitocondrială este numai una dintre aceștia. Nu există nici un motiv deosebit să credem că, dintre toate aceste Eve și toți acești Adami, Eva mitocondrială este cea mai recentă. Dimpotrivă. Ea este definită în mod *particular*: noi descindem din ea printr-o cale particulară, prin rîul descendenței. Numărul căilor posibile care există pe lîngă drumul exclusiv femeiesc este așa de mare încît este matematic foarte improbabil ca Eva mitocondrială să fie cea mai recentă dintre aceste multe Eve și acești mulți Adami. Se deosebește de celelalte căi într-un singur fel (fiind pe linie exclusiv femeiască). Ar fi o coincidență remarcabilă dacă s-ar deosebi față de celelalte căi într-un alt fel (fiind cea mai recentă).

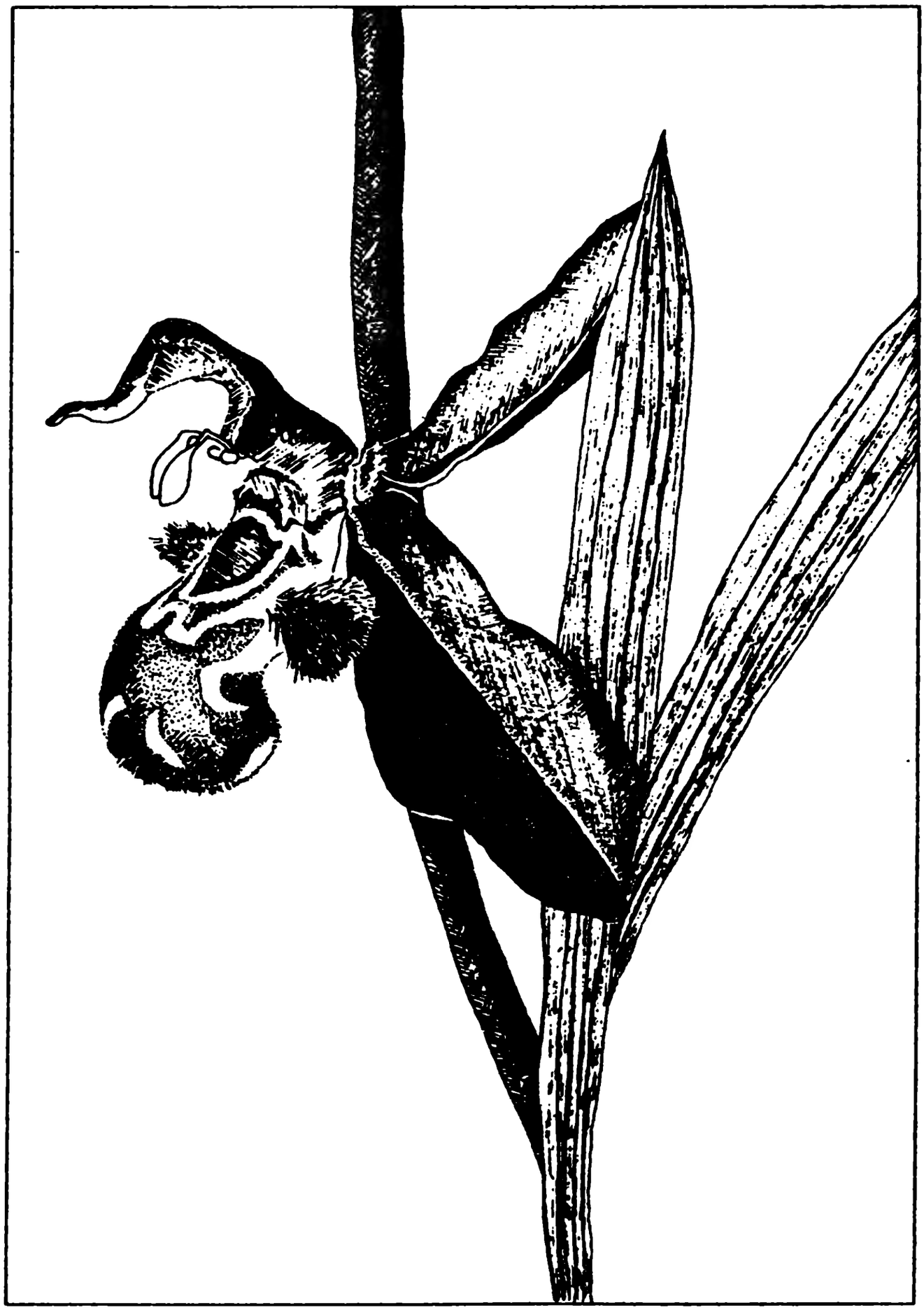
Conform unui alt punct de vedere, de interes discutabil, strămoșul nostru comun cel mai recent este foarte probabil să fi fost un Adam și nu o Evă. Haremurile de femei sînt mult mai frecvente decît cele de

bărbați, chiar și numai pentru faptul că bărbații sînt apți fizic să aibă sute, chiar mii de copii. „Guiness Book of Records" stabilește recordul la peste o mie de copii, realizat de Moulay Ishmael, cel însetat de sînge. (Întîmplător Moulay Ishmael ar putea fi ales de feministe ca simbol general al dezagreabilului macho. Se povestește că metoda lui de a încăleca pe cal era de a scoate sabia în clipa cînd sărea în șa, realizînd o eliberare rapidă în timp ce decapita sclavul care ținea frîul. Oricît ar părea de incredibil, faptul că legenda a ajuns pînă la noi, împreună cu reputația lui de a fi omorît zece mii de oameni cu propria-i mînă, oferă o imagine a tipurilor de calități admirate la bărbații de acest gen.) Femeile, chiar în condiții ideale de viață, nu pot avea mai mult de cîteva zeci de copii. Este mai probabil ca o femeie să aibă un număr mediu de copii decît un bărbat. S-ar putea ca unii bărbați să aibă o parte uimitor de mare din copii, ceea ce înseamnă că ceilalți bărbați nu mai au nici unul. Probabilitatea de a nu se reproduce deloc este mult mai mare la bărbați decît la femei. Iar dacă cineva lasă un număr uriaș de urmași, de asemenea, este mai probabil să fie bărbat. Acest lucru este valabil pentru cel mai recent strămoș comun al întregii umanități care, prin urmare, este mult mai probabil să fi fost un Adam decît o Evă. Pentru a lua un exemplu extrem, cine este mai probabil să fie strămoșul tuturor marocanilor din ziua de azi, Moulay Ishmael cel însetat de sînge sau *una* din nefericitele femei din haremul lui?

Putem trage următoarele concluzii: prima, este în mod necesar sigur că a existat o femeie, pe care o putem numi Eva mitocondrială, care este cel mai recent strămoș comun al tuturor oamenilor moderni

pe cale exclusiv femeiască. Este, de asemenea, sigur că a existat o persoană de sex necunoscut pe care o putem numi Strămoșul Central, care este cel mai recent strămoș comun al tuturor oamenilor moderni, pe oricare cale. A treia, cu toate că este posibil ca Eva mitocondrială să fie una și aceeași persoană cu Strămoșul Central, este puțin probabil ca lucrurile să stea așa. A patra, pare să fie tot mai probabil ca Strămoșul Central să fi fost bărbat și nu femeie. A cincea, Eva mitocondrială a trăit foarte probabil cu mai puțin de un sfert de milion de ani în urmă. A șasea, există un dezacord cu privire la locul unde a trăit Eva mitocondrială, dar balanța părerilor avizate înclină spre Africa. Doar concluziile a cincea și a șasea se bazează pe analiza dovezilor științifice. Primele patru pot fi toate elaborate prin raționamente teoretice pornind de la cunoștințe la îndemîna oricui.

Dar, cum am spus, strămoșii dețin cheia înțelegerii vieții înseși. Povestea Evei africane reprezintă un microcosmos uman restrîns al unei epopei incomparabil mai străveche și mai măreață. Vom recurge din nou la metafora rîului de gene, rîul nostru pornit din Eden. Dar îl vom urmări înapoi pe o scară a timpului incomensurabil mai veche decît miile de ani ai legendarei Eve sau sutele de mii de ani ale Evei africane. Rîul de ADN a curs prin strămoșii noștri într-un șir neîntrerupt care a străbătut nu mai puțin de trei miliarde de ani.



CAPITOLUL 3

Fă binele pe ascuns

Doctrina creaționismului a avut, are și probabil va mai avea în continuare mulți adepți, iar motivul nu este greu de găsit. Aceste lucruri se datorează, cel puțin pentru marea majoritate a oamenilor pe care i-am cunoscut eu, unei credințe în adevărul literal al Facerii sau al vreunei alte povești tribale asupra originii. Acest lucru se datorează mai degrabă faptului că oamenii descoperă ei înșiși frumusețea și complexitatea lumii vii și trag concluzia că „în mod evident" aceasta trebuie să fi fost proiectată. Acei adepți ai creaționismului, care cel puțin recunosc că evoluția darwinistă oferă cel puțin un fel de alternativă teoriilor lor religioase, recurg adesea la o obiecție ceva mai sofisticată. Ei neagă posibilitatea unor forme evolutive intermediare. „X *trebuie* să fi fost conceput de un creator", spun oamenii, „pentru că o jumătate din X nu ar funcționa. Toate părțile lui X trebuie să fi fost asamblate laolaltă simultan; ele nu s-ar fi putut dezvolta treptat". De exemplu, în ziua când am început să scriu acest capitol întîmplarea a făcut să primesc o scrisoare. Era din partea unui predicator american care fusese ateu, dar se convertise după ce

citise un articol din *National Geographic*. Iată un fragment din scrisoare:

> Articolul se referea la adaptările uimitoare realizate de orhidee la mediul lor de viață în scopul unei înmulțiri eficiente. Pe măsură ce citeam, eram tot mai intrigat de strategia reproductivă a unei specii care implica cooperarea cu masculul unei viespi. Desigur că floarea semăna uimitor cu femela acelei specii de viespe avînd chiar o deschidere adecvat amplasată astfel încît masculul să poată ajunge prin împerechere cu floarea la polenul acesteia. Zburînd la o altă orhidee, procesul s-ar repeta, și astfel ar avea loc polenizarea încrucișată. Iar ceea ce făcea ca floarea să fie atît de atrăgătoare pentru viespe de la început era faptul că ea emitea feromoni (atractanți chimici specifici, utilizați de insecte pentru a face ca sexele să se întîlnească) identici cu cei ai femelei acelei specii de viespe. Am studiat cu oarecare interes, aproape un minut, fotografia care însoțea textul. Pe urmă, mi-am dat seama, profund șocat, că pentru ca strategia reproductivă să fi fost funcțională ea trebuia să fie perfectă de prima dată. Nici un fel de pași ulteriori nu o puteau explica dacă orhideea nu ar fi arătat și nu ar fi mirosit ca viespea femelă, și dacă n-ar fi avut o deschidere pentru împerechere cu polenul exact la distanța la care să poată fi atins de organul reproducător, toată strategia ar fi fost un eșec.
>
> Nu voi uita niciodată emoția care m-a copleșit, pentru că mi-a devenit limpede în acea clipă că trebuie să existe într-un anumit mod un anumit fel de Dumnezeu care să aibă o legătură continuă cu procesele prin care lucrurile capătă viață. Că, pe scurt, Dumnezeul creator nu a fost un mit antediluvian, ci ceva real. Și, mai degrabă fără tragere de inimă, mi-am dat deodată seama că trebuie să caut să aflu și mai mult despre acel Dumnezeu.

Alții, nu încape nici o îndoială, ajung la religie pe căi diferite, dar cu siguranță mulți oameni au avut o experiență asemănătoare cu cea care i-a schimbat viața acestui predicator (a cărui identitate nu o voi dezvălui, conform uzanțelor bunelor maniere). Ei au văzut sau au citit despre vreo minune a naturii. În general, asta i-a umplut de o teamă evlavioasă și de uimire care s-au transformat în venerație. Mai precis, asemenea corespondentului meu, ei au hotărît că acest fenomen natural deosebit — o plasă a unui păianjen, sau un ochi, sau o aripă a unui vultur, sau orice altceva — nu s-ar fi putut dezvolta treptat, în etape, deoarece formele intermediare, stadiile pe jumătate formate, n-ar fi fost bune la nimic. Scopul acestui capitol este demontarea argumentului conform căruia niște mecanisme complicate trebuie să fie perfecte ca să fie funcționale. Întîmplător orhideele erau printre exemplele favorite ale lui Charles Darwin, care a dedicat o carte întreagă demonstrării felului în care principiul evoluției treptate prin selecție naturală întîlnește în mod fericit dificila încercare de a explica „diferitele mecanisme prin care orhideele sînt fertilizate de insecte".

Cheia argumentului susținut de predicator rezidă în afirmația că „pentru ca acea strategie reproductivă să fie funcțională, ea trebuie să fi fost perfectă de prima dată. Nici un fel de pași ulteriori nu o puteau explica". Același argument ar putea fi invocat — și frecvent a fost — în legătură cu evoluția ochiului, și mă voi întoarce la el în cursul acestui capitol.

Ceea ce mă impresionează întotdeauna cînd aud un astfel de argument este siguranța cu care e susținut. Cum puteți fi atît de *sigur*, l-aș întreba eu pe predicator, că orhideea ce imită viespea, sau ochiul, sau orice altceva nu ar fi putut funcționa decît dacă fiecare păr-

ticică din ea ar fi fost perfectă? Cunoașteți într-adevăr esențialul despre orhidee sau viespi sau despre ochii cu care viespile se uită după femele și orhidee? Ce vă face să afirmați că viespile sînt atît de greu de păcălit încît asemănarea orhideii trebuie să fie absolut perfectă ca totul să funcționeze?

Amintiți-vă cînd ați fost ultima oară păcălit de vreo asemănare întîmplătoare. Poate că v-ați scos pălăria în fața unui necunoscut, pe stradă, luîndu-l drept o cunoștință. Vedetele de film fac apel la cascadori care se aruncă de pe stînci sau cad de pe cal în locul lor. Asemănarea acestora cu vedeta este de obicei foarte superficială, dar în viteza acțiunii este suficientă pentru a înșela publicul. Poftele bărbaților pot fi trezite de o singură fotografie dintr-o revistă. Aceasta nu este altceva decît cerneală tipografică pe hîrtie. În două dimensiuni, nu în trei. Imaginea nu are decît cîțiva centimetri în înălțime. Poate fi o simplă schiță din două-trei linii mai degrabă decît o reprezentare naturală. Cu toate acestea, încă poate produce erecția. Poate vederea de o clipă a unei femele este tot ceea ce poate aștepta să capete masculul viespe aflat într-un zbor rapid, înainte de a încerca să se împerecheze cu ea. Poate că viespile masculi remarcă numai cîțiva stimuli de bază.

Există toate motivele să credem că viespile ar putea fi chiar mai ușor păcălite decît oamenii. Ghidrinii cu siguranță sînt, și peștele are creierul mai mare și ochii mai buni decît viespile. Masculii ghidrinilor au abdomenul roșu și ei vor amenința nu numai masculii propriei specii, dar și imitații grosolane cu „burtă“ roșie, indivizi din alte specii. Vechiul meu maestru, Niko Tinbergen, laureat al Premiului Nobel pentru etologie, spunea o poveste celebră despre o dubă poștală roșie

care trecea prin fața ferestrei laboratorului, iar toți masculii ghidrinilor se precipitau în partea dinspre geam a acvariului agitîndu-se amenințător. Femelele mature ale ghidrinilor, cu icre, au niște pîntece vizibil umflate. Tinbergen a constatat că o imitație argintie, necizelată, vag alungită, care pentru ochii noștri nu seamănă cu un ghidrin, dar avea un „pîntece" bine rotunjit, stîrnea la masculi întregul comportament sexual. Experimente mai recente inițiate de școala de cercetare fondată de Tinbergen au arătat că așa-numita bombă sexuală — un obiect în formă de pară întruchipînd o formă durdulie rotunjită care, cu orice efort de imaginație, nu poate fi asemuită unui pește — a fost și mai eficientă în trezirea dorințelor masculului de ghidrin. „Bomba sexuală" ghidrin este un exemplu clasic de stimul supranormal — un stimul chiar mai eficient decît unul normal. Ca un alt exemplu, Tinbergen a publicat o fotografie a scoicarului care încerca să clocească un ou de mărimea oului de struț. Păsările au un creier mai mare și o vedere mai bună decît peștii — și *a fortiori* decît viespile — totuși scoicarul aparent „crede" că un ou de mărimea celui de struț este un excelent obiect pentru clocit.

Pescărușii, gîștele și alte păsări ce cuibăresc pe pămînt au un răspuns stereotip la căderea vreunui ou din cuib. Ele se întind pînă la el și-l dau de-a dura înapoi cu partea ventrală a ciocului. Tinbergen și colaboratorii săi au demonstrat că pescărușii vor proceda așa nu numai cu propriile ouă, ci și cu ouăle de găină și chiar cu cilindrii de lemn sau cu cutiile de cacao abandonate de turiștii care au stat în corturi pe plajă. Puii de pescăruș ce se hrănesc cu heringi își obțin hrana cerșind-o de la părinții lor; ei lovesc pata roșie

de pe ciocul părintelui, zorindu-l să regurgiteze cîțiva pești din gușa umflată. Împreună cu un colaborator, Tinbergen a demonstrat că o imitație grosolană din carton a capului părintelui este foarte eficientă în provocarea comportamentului de cerșetor al puilor. Este nevoie doar de o pată roșie. Cît privește puiul de pescăruș, părintele său este o pată roșie. Poate că, la fel de bine, el vede și restul, dar asta pare să nu fie important.

Această viziune aparent limitată nu este întîlnită numai la puii pescărușilor. Adulții pescărușilor cu cap negru sînt vizibili datorită măștilor lor faciale de culoare închisă. Robert Mash, un cercetător din echipa lui Tinbergen, a studiat importanța acesteia pentru ceilalți adulți, pictînd imitații din lemn ale capetelor de pescăruș. Fiecare imitație era fixată la capătul unui baston de lemn atașat la un motor electric aflat într-o cutie, astfel încît, prin intermediul telecomandei, Mash putea ridica sau coborî capul și putea să-l întoarcă la stînga sau la dreapta. El îngropa cutia în nisip, lîngă un cuib de pescărușii, în așa fel încît numai capetele să se vadă. Apoi, zi de zi, stătea ascuns lîngă cuib observînd reacția păsărilor la mișcările imitației de cap. Păsările au răspuns ca și cum invenția lui Mash ar fi fost un pescăruș veritabil, deși aceasta nu era deloc o caricatură la capătul unei tije de lemn, fără corp, fără picioare, aripi sau coadă, silențios și nemișcat, exceptînd ridicările, coborîrile și rotațiile robotice foarte nefirești. Pentru un pescăruș cu capul negru, se pare, un vecin amenințător este puțin mai mult decît o față neagră lipsită de corp. Pare să nu fie necesar corpul sau aripile sau orice altceva.

Pentru ca să se ascundă și să observe păsările, Mash, ca și alte generații de ornitologi dinainte și de după el, a exploatat o incapacitate a sistemului lor nervos

cunoscută de mult: păsările nu sînt din fire buni matematicieni. Doi dintre dumneavoastră intră în ascunzătoare, dar numai unul iese. Fără acest truc păsările s-ar teme de ascunzătoare „știind" că cineva a intrat acolo. Dar dacă au văzut pe cineva ieșind, ele „presupun" că au ieșit ambele persoane. Dacă o pasăre nu poate să facă diferența între două persoane sau o persoană, este oare atît de surprinzător că un mascul de viespe ar putea fi păcălit de o orhidee care nu seamănă perfect cu o femelă?

Încă o poveste cu păsări pe această temă, dar de data aceasta o tragedie. Curcile sînt niște apărătoare îndîrjite ale puilor lor. Ele trebuie să-i apere de prădătorii de cuiburi ca nevăstuicile sau șobolanii necrofagi. Metoda empirică pe care o curcă o folosește pentru a recunoaște jefuitorii de cuiburi este una uimitor de dură: atacă tot ce mișcă în preajma cuibului *dacă* nu scoate sunete asemănătoare cu piuitul puișorilor. Autorul acestei descoperiri a fost zoologul austriac Wolfgang Schleidt. El a avut cîndva o curcă care și-a omorît cu sălbăticie toți puii. Motivul era jalnic de simplu: curca era surdă. Din punctul de vedere al sistemului nervos al curcii, prădătorii sînt acele obiecte mișcătoare care nu emit un țipăt de pui. Acești pui de curcă, deși arătau ca pui de curcă, se mișcau ca pui de curcă alergînd plini de încredere către mama lor, au căzut victimă definiției restrictive de „prădător" a mamei. Ea și-a protejat puii împotriva lor înșiși și i-a masacrat pe toți.

Ca o replică, în lumea insectelor, a poveștii tragice a curcii, anumite celule senzoriale de pe antenele albinelor sînt sensibile la o singură substanță, acidul oleic. (Albinele posedă și alte celule sensibile la alte substanțe chimice.) Acidul oleic emană din cadavrele albinelor și declanșează „comportamentul de antre-

prenor de pompe funebre" al albinei, îndepărtarea morților din stup. Dacă un experimentator picură un strop de acid oleic pe o albină vie, amărîta creatură este tîrîtă afară zbătîndu-se, deci cît se poate de vie, și aruncată împreună cu morții.

Creierul insectelor este mult mai mic decît al curcilor sau al oamenilor. Ochii insectelor, chiar ochii mari compuși ai libelulelor, posedă o parte din acuitatea ochilor noștri sau a ochilor păsărilor. În afară de aceasta, se știe că ochii insectelor văd lumea complet diferit decît o văd ochii noștri. Marele zoolog austriac Karl von Frisch a descoperit de tînăr că ele nu văd lumina roșie, dar pot vedea — și văd la fel de bine nuanțele distincte — lumina ultravioletă, pe care noi nu o percepem. Ochii insectelor sînt mult mai preocupați de ceva numit „licărire" care pare — cel puțin pentru o insectă foarte rapidă — să înlocuiască parțial ceea ce noi am numi „formă". Fluturii masculi au fost văzuți „curtînd" frunzele moarte care cad fîlfîind din copaci. Noi vedem o femelă de fluture ca pe o pereche de aripi mari care fîlfîie. Un mascul de fluture în zbor o vede și o curtează ca pe o concentrare de „licăriri". Îl putem înșela cu o lampă stroboscopică, ce nu se mișcă, ci doar licărește. Dacă găsiți ritmul potrivit de licărire, fluturele mascul o va trata ca pe un alt fluture bătînd din aripi în același ritm. Pentru noi, dungile sînt niște modele statice. Pentru o insectă în zbor, dungile apar ca niște „licăriri" și pot fi imitate cu o lampă stroboscopică ce pîlpîie în același ritm. Lumea așa cum se vede printr-un ochi de insectă este atît de străină pentru noi, încît a face considerații bazate pe propria noastră experiență cînd discutăm despre cît de „perfect" trebuie să mimeze o orhidee corpul unei femele de viespe este o îndrăzneală.

Viespile însele au făcut obiectul unor experimente clasice, inițiate de marele naturalist francez Jean-Henri Fabre și reluate de mulți alți cercetători, printre care și cei aparținînd școlii de etologie a lui Tinbergen. Femela viespii săpătoare se întoarce în adăpost cărînd prada înțepată și paralizată. O lasă la intrarea adăpostului în timp ce intră să verifice, se pare, dacă totul este în ordine, apoi reapare pentru a tîrî prada înăuntru. În timp ce se află în adăpost, experimentatorul deplasează prada cîțiva centimetri. Cînd viespea iese din nou la suprafață, sesizează lipsa și localizează rapid prada. Apoi o trage înapoi la intrarea adăpostului. Au trecut doar cîteva secunde de cînd și-a inspectat ascunzătoarea. Considerăm că nu există nici un motiv care s-o determine să treacă la etapa următoare din programul ei obișnuit, tîrîrea prăzii înăuntru. Dar programul ei a fost restabilit la etapa inițială. Conștiincioasă, își lasă din nou prada afară și intră în adăpost pentru altă inspecție. Cercetătorul a repetat această șaradă de patruzeci de ori, pînă s-a plictisit. Viespea s-a comportat ca o mașină de spălat care a fost reprogramată pentru o poziție de început a programului și care nu „știe" că deja a mai spălat acele haine de patruzeci de ori fără pauză. Distinsul specialist în informatică Douglas Hofstadter a adoptat un adjectiv nou, „sphexish" pentru a eticheta un astfel de automatism inflexibil, prostesc (*Sphex* este numele științific al unui gen reprezentativ de viespi săpătoare). Deci, cel puțin în unele privințe, viespile sînt ușor de păcălit. Este un fel de păcăleală foarte diferit de cel elaborat de orhidee. Cu toate acestea, să ne ferim să conchidem conform intuiției noastre că „pentru ca acea strategie reproductivă să fi funcționat, trebuia să fi fost perfectă prima dată".

Poate că m-am străduit prea mult să vă conving că viespile sînt probabil ușor de păcălit. Puteți nutri o bănuială aproape opusă celei a corespondentului meu convertit. Dacă vederea insectelor este atît de slabă și dacă viespile sînt atît de ușor de păcălit, de ce s-ar mai strădui orhideea să facă o floare atît de asemănătoare unei viespi? Ei bine, vederea viespii nu este totdeauna atît de slabă. Sînt situații în care se pare că viespile văd foarte bine: cînd, de exemplu, își reperează adăpostul după un zbor de vînătoare îndelungat. Tinbergen a cercetat aceste aspecte folosind viespea săpătoare vînător de albine, *Philantus*. El aștepta pînă ce o viespe cobora în adăpost. Înainte ca ea să iasă din nou, Tinbergen plasa cîteva „puncte de reper" în mare grabă în jurul intrării în adăpost — să zicem, o rămurică sau un con de brad. Apoi se retrăgea și aștepta ca viespea să zboare afară. După ce ieșea, ea zbura de două-trei ori în jurul cuibului, ca și cum „realiza o fotografie mentală" a zonei, apoi se îndepărta în grabă în căutarea hranei. În timp ce era plecată, Tinbergen deplasa rămurica și conul la cîteva zeci de centimetri distanță. Cînd se întorcea, viespea rata cuibul, plonjînd în nisip la locul potrivit, în raport cu noile poziții ale ramurii și conului. Într-un anumit fel, viespea a fost din nou „păcălită", dar de data aceasta ea merită tot respectul nostru pentru vederea sa. Se pare totuși că „luarea unei fotografii mentale" a fost într-adevăr ceea ce a făcut în zborul său preliminar în cerc. Se pare că ea a recunoscut modelul, sau „gestalt", al amplasării rămuricii și conului. Tinbergen a repetat experiența de multe ori, cu rezultate semnificative, folosind diferite tipuri de repere ca, de exemplu, inele din conuri de brad.

Iată acum un experiment realizat de Gerard Baerends, un discipol al lui Tinbergen, care contrastează

într-un mod impresionant cu experimentul „mașină de spălat" al lui Fabre. Specia de viespe săpătoare a lui Baerends, *Ammophila campestris* (o specie de asemenea studiată și de Fabre) este neobișnuită prin faptul că este un „distribuitor de hrană progresiv". Cele mai multe viespi își aprovizionează cuibul și depun un ou, apoi îl izolează, lăsînd tînăra larvă să se hrănească singură. *Ammophila* face excepție. Asemenea unei păsări, ea se întoarce zilnic la cuib pentru a verifica cantitatea de hrană de care dispune larva și îi dă atîta hrană cît îi este necesară. Nimic deosebit de semnalat pînă aici. Dar o singură femelă de *Ammophila* va avea două sau trei cuiburi funcționale deodată. Un cuib va avea o larvă relativ mare, aproape dezvoltată; altul una mică, de-abia ieșită din ou; și altul probabil o larvă aflată într-un stadiu intermediar ca mărime și ca vîrstă. E firesc ca aceste trei larve să aibă cerințe nutriționale diferite, și mama le distribuie în mod corespunzător. Printr-o serie de experiențe laborioase, implicînd schimbarea conținutului cuiburilor, Baerends a reușit să demonstreze că într-adevăr viespea mamă ține seama de cerințele de hrană diferite ale fiecărui cuib în parte. Pare o dovadă de inteligență, dar Baerends a constatat într-un mod ciudat că nu e vorba de inteligență. În fiecare dimineață, primul lucru pe care-l face viespea mamă este un tur de inspecție al tuturor cuiburilor sale active. Mama evaluează situația fiecărui cuib în timpul inspecției matinale, iar aceasta influențează comportamentul legat de aprovizionarea cu hrană pentru tot restul zilei. Baerends putea schimba conținutul cuiburilor de cîte ori dorea, după momentul inspecției matinale, și aceasta nu schimba comportamentul legat de aprovizionare al viespei mamă. Era ca și cum ea declanșa aparatul de evaluare a cuibului

doar pe perioada inspecției matinale, iar apoi îl bloca pentru tot restul zilei pentru a economisi energia electrică.

Pe de o parte, această poveste sugerează existența unui echipament sofisticat de numărare, măsurare și chiar calcul în capul viespei mamă. Acum pare ușor de crezut că, într-adevăr, creierul viespei era păcălit numai de o asemănare perfectă între orhidee și femelă. Dar în același timp, povestea lui Baerends sugerează o capacitate de a vedea selectiv și o abilitate de a fi înșelat care echivalează cu experimentul cu mașina de spălat, făcîndu-ne să credem că ar putea fi suficientă o asemănare grosieră între orhidee și femela de viespe. Concluzia generală ce ar trebui trasă de aici arată că nu trebuie să folosim judecățile omenești pentru evaluarea unor astfel de situații. Nu spuneți niciodată și nu luați niciodată în serios pe cineva care spune „nu pot să cred că specia cutare ar fi putut evolua prin selecție treptată". Am botezat acest fel de greșeală „derivat din incredulitatea personală". Încă o dată acesta s-a dovedit preludiul unei alunecoase experiențe intelectuale.

Argumentul pe care-l combat eu este cel care susține că evoluția treptată a cutăruia nu ar fi putut avea loc deoarece cutare „evident" trebuia să fie perfect și complet pentru a funcționa. Pînă acum, în răspunsul meu, am insistat asupra faptului că viespile și alte animale au o cu totul altă vedere asupra lumii față de a noastră și că, în orice caz, nici noi nu sîntem greu de păcălit. Dar există alte argumente pe care eu vreau să le dezvolt și care sînt chiar mai convingătoare și mai generale. Să folosim cuvîntul „fragil" pentru un mecanism care trebuie să fie perfect pentru a funcționa — așa cum a pretins corespondentul meu despre orhideele care imită viespi. Și găsesc că este semnificativ faptul că

în realitate este aproape imposibil să te gîndești fără echivoc la un mecanism fragil. Un avion nu este fragil pentru că, deși am prefera cu toții să ne încredințăm viețile noastre unui Boeing 747 întreg, cu toate milioanele lui de părți componente în perfectă stare de funcționare, un avion care a pierdut chiar unele piese principale, ca unul sau două din motoarele lui, poate totuși să zboare. Un microscop nu este fragil, pentru că, deși unul inferior are o imagine estompată și prost iluminată, putem totuși vedea obiecte mici mai bine decît le-am vedea fără nici un microscop. Un radio nu este fragil; dacă este deficient în unele privințe, poate să-și piardă fidelitatea și să se audă distorsionat sau încet, dar încă putem deslușI sensul cuvintelor. Am privit afară pe fereastră zece minute încercînd să mă gîndesc la un singur exemplu într-adevăr bun de mecanism fragil făcut de om și am găsit numai unul: arcada. O arcadă are o anumită cvasifragilitate în sensul că, de îndată ce laturile sale s-au alăturat, ea a căpătat o mare stabilitate și forță. Dar înainte ca cele două laturi să se fi alăturat, nici una dintre ele nu ar fi stat în picioare. O arcadă trebuie să fie construită cu ajutorul unui anumit fel de eșafodaj. Acesta îi conferă o stabilitate temporală pînă cînd arcada este completă; apoi el poate fi îndepărtat și arcada rămîne stabilă foarte mult timp.

În tehnologia umană nu există nici un motiv pentru ca un mecanism să nu fie, în principiu, fragil. Inginerii sînt liberi să proiecteze pe planșetele lor de desen mecanisme care, pe jumătate complete, n-ar funcționa deloc. Totuși, tocmai în domeniul ingineriei este greu să găsești un mecanism fragil cu adevărat. Și eu cred că acest lucru este și mai adevărat în cazul mecanismelor vii. Să privim la cîteva dintre așa-zisele mecanisme

fragile din lumea vie, de care propaganda creaționistă s-a folosit din plin. Exemplul viespei și orhideei este numai un exemplu al fascinantului fenomen de mimetism. Numeroase animale și unele plante au un avantaj de pe urma asemănării lor cu alte obiecte, adesea cu alte animale sau plante. Aproape fiecare aspect al vieții a fost undeva amplificat sau subminat de mimetism: capturarea hranei (tigrii și leoparzii sînt aproape invizibili cînd își urmăresc victima într-un loc împădurit, stropit de petele luminoase ale soarelui; peștele undițar se aseamănă cu fundul mării pe care stă și ademenește prada cu „o undiță" în capătul căreia este o momeală ce imită un vierme; licuricii *femmes fatales* imită dansul nupțial al altor specii ademenind astfel masculii pe care apoi îi mănîncă; *Blennius* (o specie de pește mucilaginos cu dinții în formă de sabie) imită alte specii de pești specializați în curățarea peștilor mari, și apoi înhață bucăți din aripioarele clienților, imediat ce li s-a acordat accesul privilegiat; evitarea prădătorilor (animalele pradă prezintă diferite asemănări cu coaja copacilor, rămurele, frunze verzi, frunze moarte răsucite, flori, spini sau ghimpi de trandafiri, alge, pietre, excremente de pasăre și alte animale cunoscute a fi otrăvitoare sau veninoase); ademenirea prădătorilor departe de pui (culicul sau cioc întors și alte păsări ce cuibăresc pe pămînt mimează atitudinea și mersul unei păsări cu aripa ruptă); asigurarea îngrijirii ouălor (ouăle de cuc seamănă cu ouăle celorlalte gazde specifice parazitate; femelele anumitor specii de pești care-și cresc puii în gură prezintă pe laturile corpului desenul unor ouă, pentru a atrage masculii să ia ouăle adevărate în gura lor și să le țină pînă ies puii).

În toate cazurile, există o tentație de a crede că mimetismul n-ar funcționa decît dacă este perfect. În cazul special al orhideelor și al viespilor am observat mai multe imperfecțiuni ale viespilor și ale altor victime ale mimetismului. Într-adevăr, în ochii mei, orhideele nu sînt deloc bizar de asemănătoare cu viespile, albinele sau muștele. Asemănarea între o insectă-frunză și o frunză e mult mai exactă pentru ochii mei, poate pentru că ochii mei sînt mai asemănători cu ochii prădătorilor (probabil păsări) cărora imitația de frunză le e destinată.

Dar există un înțeles mai general în care e greșit să sugerăm că mimetismul trebuie să fie perfect ca să funcționeze. Oricît de buni pot fi ochii unui prădător, să zicem, condițiile de vizibilitate nu sînt totdeauna perfecte. De altfel, va exista aproape inevitabil un continuum al condițiilor de vizibilitate, de la foarte proaste la foarte bune. Gîndiți-vă la vreun lucru pe care-l cunoașteți foarte bine, atît de bine încît niciodată nu-l puteți confunda luîndu-l drept altceva. Sau gîndiți-vă la o persoană — să spunem, o prietenă apropiată, atît de familiară și îndrăgită încît n-ați putea-o confunda niciodată cu altcineva. Să ne imaginăm acum că ea vine spre dumneavoastră de la mare distanță. Trebuie să existe o distanță atît de mare încît să nu o vedeți deloc. Și o distanță atît de mică încît îi puteți vedea fiecare trăsătură, fiecare geană, fiecare por. La distanțe intermediare nu sînt transformări neașteptate. Există o treptată accentuare sau diminuare a recognoscibilității. Manualele militare de artilerie explică toate acestea astfel: „La două sute de iarzi toate părțile corpului se disting cu claritate. La trei sute de iarzi conturul feței este neclar. La patru sute de iarzi nu se vede fața. La șase sute de iarzi capul este doar un

punct, iar corpul devine ca o lumînare. Alte întrebări?“ În cazul prietenei care se apropie treptat, să presupunem că dumneavoastră puteți s-o recunoașteți pe neașteptate. Dar în acest caz, distanța oferă un gradient al *probabilității* recunoașterii neașteptate.

Într-un fel sau altul, distanța oferă un gradient al vizibilității. Ea este eminamente treptată. Pentru orice nivel de asemănare între un model și o imitație, fie că imitația este desăvîrșită, fie că este aproape inexistentă, trebuie să existe o distanță la care ochii unui prădător să poată fi păcăliți, și o distanță, puțin mai mică, la care e mai puțin probabil să fie păcăliți. În decursul evoluției, asemănările, a căror perfecțiune se îmbunătățește treptat, pot fi deci favorizate de selecția naturală, în sensul că distanța critică pentru păcălit devine treptat tot mai mică. Am folosit „ochii prădătorului“ pentru a simboliza „ochii oricui trebuie păcălit“. În unele cazuri vor fi ochii prăzii, ochii părintelui grijuliu, ochii femelei de pește și așa mai departe.

Am demonstrat acest efect în conferințe cu un public format din copii. Colegul meu, dr. George McGavin de la Muzeul Universității Oxford, a avut amabilitatea să confecționeze pentru mine macheta unei „liziere de pădure“, acoperită cu rămurele, frunze moarte și mușchi. Peste acestea a așezat artistic numeroase insecte moarte. Unele dintre ele, ca de exemplu un gîndac de un albastru metalic, îți săreau pur și simplu în ochi; altele, incluzînd insecte subțiri și fluturi care imită frunzele, erau excelent camuflate; iar altele, de exemplu un gîndac negru de bucătărie, erau o categorie intermediară. Copiilor li se cerea să iasă din public și să meargă încet spre machetă, să identifice insectele și să anunțe pe măsură ce observau cîte una. Cînd erau destul de departe nu puteau zări nici

insectele cele mai evidente. Pe măsură ce se apropiau, vedeau întîi insectele bătătoare la ochi, apoi pe cele, ca gîndacii de bucătărie, de vizibilitate medie, și, în fine, pe cele bine camuflate. Insectele cele mai bine camuflate scăpau detectării, chiar și atunci cînd copiii erau foarte aproape și exclamau de uimire cînd eu le arătam.

Distanța nu este singurul gradient pe baza căruia se poate construi o asemenea argumentație. Un altul este lumina crepusculară. În toiul nopții nu se poate vedea aproape nimic. Și, chiar o asemănare foarte imperfectă a unei imitații cu modelul merge. La amiază, doar o copie de mare acuratețe poate scăpa descoperirii. În acest interval, în zori și în amurg, pe-nserate sau numai într-o zi noroasă, pe ceață sau pe timp de furtună, se realizează un lin și neîntrerupt continuum al vizibilității. Încă o dată, asemănările de o precizie tot mai mare vor fi favorizate de selecția naturală, deoarece, pentru orice asemănare bună, există un nivel de vizibilitate la care acea anumită asemănare este esențială. În decursul evoluției, asemănările care se îmbunătățesc treptat conferă avantajul supraviețuirii, deoarece intensitatea critică a luminii necesare pentru a fi păcălit devine treptat mai mare.

Un gradient similar este oferit de unghiul de vedere. O insectă care imită, izbutit sau neizbutit, va fi văzută uneori de prădător doar cu coada ochiului. Alteori va fi privită fără milă direct în față. Trebuie să existe un unghi al vederii, atît de periferic încît și asemănarea cea mai puțin reușită va scăpa detectării. Trebuie să existe o vedere atît de centrală încît și cea mai strălucită imitație va fi în pericol. Între aceste extreme există un gradient constant al vederii, un continuum de unghiuri. Pentru orice nivel dat al perfecțiunii mimetismului va

exista un unghi critic la care o mică ameliorare sau deteriorare este esențială. În decursul evoluției, sînt favorizate asemănările care se ameliorează continuu, deoarece unghiul critic pentru a fi păcălit devine treptat tot mai central.

Calitatea ochilor și creierilor dușmanilor poate fi considerată ca un alt gradient și eu m-am referit deja la ele la începutul capitolului. Pentru orice nivel de asemănare între un model și o imitație este probabil să fie un ochi care va fi păcălit și un ochi care nu va fi păcălit. Încă o dată, în decursul evoluției, asemănările care se ameliorează continuu sînt favorizate, deoarece ochii din ce în ce mai sofisticați ai prădătorului sînt păcăliți. Nu vreau să spun că pe prădătorii și-au dezvoltat ochi mai buni concomitent cu ameliorarea mimetismului, deși ar fi posibil. Vreau să spun că există prădători cu vedere bună și prădători cu vedere slabă. Toți acești prădători constituie un pericol. O imitație nereușită păcălește numai pe prădătorii cu vederea slabă. O imitație izbutită păcălește aproape pe toți prădătorii. Între aceștia există un continuum lin.

Menționarea ochilor slabi și ochilor buni mă aduce la enigma preferată a creaționiștilor. La ce ar folosi o jumătate de ochi? Cum poate favoriza selecția naturală un ochi care este mai puțin decît perfect? Am tratat această problemă anterior și am expus o întreagă gamă de tipuri intermediare de ochi, extrasă, de fapt, dintre acelea care există în diferitele încrengături ale regnului animal. Voi include ochii în categorii pe care le-am stabilit pe baza unor gradienți teoretici. Există un gradient, un continuum, de sarcini la care un ochi ar putea fi folosit. În clipa de față eu folosesc ochii mei pentru a recunoaște literele alfabetului pe măsură ce apar pe monitor. Aveți nevoie de ochi buni, cu acui-

tate mare, pentru a face acest lucru. Am ajuns la o vîrstă cînd nu mai pot citi fără ajutorul ochelarilor, în prezent unii care măresc destul de puțin. Pe măsură ce îmbătrînesc, numărul de dioptrii va crește constant. Fără ochelarii mei îmi va fi din ce în ce mai greu să văd detaliile. Și aici avem încă un continuum: continuumul vîrstei.

Orice om normal, chiar unul bătrîn, are o vedere mai bună decît o insectă. Sînt sarcini care pot fi îndeplinite cu succes de oameni cu o vedere relativ slabă, care variază foarte mult pînă aproape de orbire. Dumneavoastră puteți juca tenis chiar cu vederea destul de neclară, deoarece o minge de tenis este un obiect mare ale cărui poziție și traiectorie pot fi sesizate, chiar dacă imaginea nu se formează în focar. Ochii libelulelor, considerați a fi de o acuitate vizuală scăzută după standardele noastre, sînt buni conform standardelor insectelor, și libelulele pot vîna din zbor, o sarcină aproape la fel de dificilă cu aceea de a lovi mingea de tenis. Cu o vedere mult mai slabă s-ar putea merge pe muchia unei stînci, evitînd căderea, sau ar fi posibil să evităm izbirea de vreun perete sau prăbușirea într-un rîu. Chiar niște ochi cu o vedere și mai slabă ar spune cînd o umbră, care ar putea fi un nor, dar ar putea însemna, de asemenea, un prădător, apare deasupra capului. Și ochi care sînt încă și mai slabi ar putea observa diferența dintre zi și noapte, de altfel foarte utilă, printre altele, pentru sincronizarea perioadelor de împerechere și pentru a ști cînd să mergem la culcare. Există deci un continuum de sarcini pe care un ochi le-ar putea îndeplini, astfel încît pentru o calitate dată a sa, de la minunat la îngrozitor, există un anumit nivel de solicitare la care o ameliorare marginală a vederii ar fi esențială. Nu există așadar nici o

dificultate în înțelegerea evoluției ochiului, de la începuturile primitive și brute, printr-un continuum lin de forme intermediare, pînă la perfecțiunea pe care o vedem la un șoim sau un tînăr.

Astfel că întrebarea creaționistului — „La ce folosește o jumătate de ochi?" — este o întrebare de categorie ușoară la care este o joacă să răspunzi. O jumătate de ochi este doar cu un procent mai bună decît 49% dintr-un ochi, care este deja mai bun decît 48%, iar diferența este semnificativă. O expunere greoaie pare să stea la baza inevitabilului discurs care urmează: „Vorbind ca un fizician"*, eu nu pot să cred că a existat suficient timp pentru ca un organ atît de complicat ca ochiul să fi evoluat din nimic. Credeți cu adevărat că a fost suficient timp?"

Ambele întrebări derivă din argumentul incredulității personale. Cu toate acestea, publicul apreciază un răspuns, și de obicei eu am recurs la mărimea reală a epocilor geologice. Dacă un pas reprezintă un secol, întreaga perioadă de după Isus se comprimă într-un teren de cricket. La aceeași scară, pentru a ajunge la originea animalelor pluricelulare ar trebui să alergați cu sufletul la gură între New York și San Francisco.

---

* Sper că aceasta nu va ofensa pe nimeni. În sprijinul punctului meu de vedere, citez următoarele rînduri din lucrarea *Science and Christian Belief* datorată distinsului fizician, reverendul John Polkinghorne (1994, p. 16): „Cineva ca Richard Dawkins poate prezenta imaginile persuasive ale modului în care s-au produs unele transformări la scară mare prin selectarea cu grijă și acumularea unor mici diferențe, dar, instinctiv, un savant fizician ar dori să vadă o evaluare, oricît de grosieră, a numărului de pași necesari pentru evoluția de la o celulă de-abia sensibilă la lumină, la ochiul de insectă complet constituit, cît și numărul aproximativ de generații cerut pentru a se produce mutațiile necesare."

Zguduitoarea mărime a timpului geologic este un fel de a trage cu tunul în vrăbii. Alergarea de la o coastă la alta conferă dimensiuni spectaculoase timpului *disponibil* pentru evoluția ochiului. Însă un studiu recent datorat unui cuplu de cercetători suedezi, Dan Nilsson și Susanne Pelger, sugerează că o ridicol de mică parte din acel timp ar fi fost folosită din plin. Cînd cineva spune „ochiul", înseamnă în mod implicit ochiul de vertebrat, dar ochi utili pentru formarea imaginii s-au dezvoltat independent de la patruzeci pînă la șaizeci de ori, de la stadiul inițial, în multe grupe diferite de nevertebrate. Printre aceste patruzeci și ceva de evoluții independente au fost descoperite cel puțin nouă principii distincte de elaborare, incluzînd ochii de tip cameră pinhole, două feluri de ochi-obiectiv fotografic, ochii reflector-curbați („farfurie satelit") și cîteva tipuri de ochi compuși. Nilsson și Pelger s-au ocupat mai mult de ochii tip obiectiv fotografic cu cristalin, ca cei foarte bine dezvoltați la vertebrate și caracatițe.

Cum ați începe dumneavoastră estimarea timpului necesar pentru o cantitate dată de schimbare evolutivă? Trebuie să găsim o unitate pentru a măsura fiecare pas evolutiv și aceasta se poate exprima sub forma unui procent de schimbare în raport cu ceea ce există deja. Nilsson și Pelger au folosit numărul schimbărilor succesive de 1% ca unitate pentru măsurarea schimbărilor cantităților anatomice. Este doar o măsură convențională — ca și caloria care este definită ca necesarul de energie pentru a efectua o anumită cantitate de lucru mecanic. Este cel mai la îndemînă să folosim o unitate de 1% atunci cînd schimbarea se face într-o singură dimensiune. În cazul unui eveniment improbabil, de exemplu creșterea continuă în lungime a cozii

păsării paradisului favorizată de selecția naturală, cîți pași ar fi însă necesari ca aceasta să ajungă de la un metru la un kilometru? O creștere a lungimii cozii de 1% n-ar putea fi înregistrată de un eventual observator al păsării. Cu toate acestea ar fi necesar, în mod surprinzător, puțini astfel de pași pentru alungirea cozii pînă la 1 kilometru — mai puțin de șapte·sute.

Alungirea unei cozi de la un metru la un kilometru poate să fie normală (dar în același timp absurdă), dar cum poți plasa evoluția unui ochi pe o aceeași scală? Problema este că, în cazul ochiului, o mulțime de lucruri trebuie să se petreacă concomitent, într-o mulțime de părți componente diferite. Sarcina lui Nilsson și Pelger era să elaboreze pe calculator modele ale ochilor în dezvoltare pentru a răspunde la două probleme. Prima este în fond cea pe care am pus-o mereu în aceste ultime pagini, numai că ei au pus-o mai sistematic, folosind un calculator: există un gradient constant al schimbării, de la un tegument neted pînă la ochiul asemănător unui obiectiv fotografic, astfel încît fiecare formă intermediară să reprezinte un progres? (Spre deosebire de proiectanții umani, selecția naturală nu o poate lua la vale nici chiar dacă pe cealaltă latură a văii există tentația unui deal mai înalt.) A doua — problema cu care am început această parte — cît ar dura producerea cantității necesare pentru o schimbare evolutivă?

În modelele lor pe calculator, Nilsson și Pelger nu au făcut nici o încercare de simulare a funcționării interne a celulelor. Ei au început povestea lor după inventarea unei singure celule fotosensibile — o putem numi fotocelulă. Ar fi foarte bine ca pe viitor să se realizeze un alt model pentru calculator, de data aceasta la nivelul structurii interne a celulei, pentru a

arăta cum o celulă inițială, nespecializată a devenit pas cu pas prima fotocelulă. Dar, cum întotdeauna trebuie să pornim de undeva, și Nilsson și Pelger au început după inventarea fotocelulei. Ei au lucrat la nivelul țesuturilor: nivelul unei țesături făcute din celule mai degrabă decît nivelul celulelor individuale. Pielea este un țesut, la fel este mucoasa intestinală, la fel este mușchiul sau ficatul. Țesuturile se pot modifica în diferite feluri sub influența mutațiilor întîmplătoare. Straturile țesutului pot deveni mai mari sau mai mici în suprafață. Ele pot deveni mai subțiri sau mai groase. În cazul mai special al țesuturilor transparente, cum este țesutul cristalinului, ele-și pot schimba indicele de refracție (puterea de deviație a luminii) într-un anumit loc al țesutului.

Frumusețea simulării unui ochi, spre deosebire de, să zicem, piciorul unei pantere care aleargă, constă în faptul că eficiența sa poate fi măsurată cu ușurință, folosind legile opticii elementare. Ochiul este reprezentat ca o secțiune transversală bidimensională, deci computerul poate calcula cu ușurință acuitatea lui vizuală, sau rezoluția spațială, sub forma unui singur număr real. Ar fi fost mult mai greu să pornim de la o expresie numerică echivalentă pentru eficiența piciorului de panteră sau a coloanei vertebrale. Nilsson și Pelger au pornit de la o retină netedă deasupra unui strat neted de pigment și înconjurată de alt strat neted, protector transparent. Stratului transparent i se permitea să sufere mutații localizate la întîmplare ale indicelui său de refracție. Cercetătorii au lăsat apoi modelul să se autodeformeze la întîmplare, constrîns numai de cerința ca orice schimbare să fie de amplitudine mică și să reprezinte o îmbunătățire față de cele anterioare.

Rezultatele au apărut cu promptitudine și au fost concludente. Traiectoria creșterii constante a acuității a dus fără ezitare de la începutul neted, printr-o depresiune superficială, la o cupă care devenea tot mai adîncă pe măsură ce modelul ochiului se deforma pe monitor. Stratul transparent s-a îngroșat umplînd cupa și și-a bombat constant suprafața externă într-o curbă. Și apoi, aproape ca într-o scamatorie, o porțiune a acestei umpluturi transparente s-a condensat într-un anumit loc, o subregiune sferică cu un indice de refracție mai mare. Nu uniform mai mare, ci cu un gradient al indicelui de refracție astfel încît regiunea sferică a funcționat ca o excelentă lentilă cu indice de refracție variabil. Lentilele cu indice de refracție variabil sînt necunoscute constructorilor de lentile, dar ele sînt obișnuite în ochii ființelor vii. Oamenii fac lentile prin șlefuirea sticlei pînă la o anumită formă. Putem face o lentilă compusă, asemănătoare lentilelor scumpe cu irizări violacee ale aparatelor fotografice moderne, prin montarea cîtorva lentile, dar fiecare dintre acestea este făcută din sticlă uniformă în toată grosimea ei. O lentilă cu indice de refracție variabil are, în schimb, un indice de refracție care se poate modifica continuu în interiorul materiei din care ea este făcută. Caracteristic pentru acest tip de lentilă este faptul că are un indice de refracție mare în apropierea centrului lentilei. Ochii peștilor au un cristalin cu indice de refracție variabil. Se știe de mult că, pentru o lentilă cu indice de refracție variabil, rezultatele cu aberațiile cele mai mici sînt obținute cînd realizați o anumită valoare teoretică optimă pentru raportul între distanța focală a lentilei și rază. Acest raport este numit raportul lui Mattiessen. Modelul de ochi ima-

ginat de Nilsson și Pelger cu ajutorul calculatorului funcționează fără greșeală pe baza raportului Mattiessen.

Să revenim la problema timpului necesar pentru ca o astfel de schimbare evolutivă să se producă. Pentru a răspunde acestei întrebări, Nilsson și Pelger au trebuit să facă unele presupuneri referitoare la genetica populațiilor naturale. Ei au trebuit să dea modelului lor valori plauzibile ale unor cantități cum ar fi „eritabilitatea". Eritabilitatea este o măsură a cantității de variație determinată de ereditate. Metoda folosită pentru evaluarea eritabilității constă în a stabili cît de mult se aseamănă gemenii monozigoți (adică, „identici") comparativ cu cei obișnuiți. Un studiu a stabilit că eritabilitatea lungimii piciorului la bărbați este de 77%. O eritabilitate de 100% ar însemna să putem afla cu exactitate lungimea piciorului unuia din gemenii monozigoți măsurînd piciorul fratelui său, chiar dacă cei doi au fost crescuți separat. O eritabilitate de 0% ar însemna că picioarele celor doi gemeni nu sînt mai asemănătoare între ele decît picioarele unor membri aleși la întîmplare dintr-o populație într-un mediu dat. Alte valori ale eritabilității determinate la specia umană sînt de 95% pentru circumferința craniului, 85% în ceea ce privește înălțimea în poziție orizontală, 80% pentru lungimea brațului și 79% pentru statură.

Valorile eritabilității sînt în mod frecvent mai mari de 50%, astfel că Nilsson și Pelger au apreciat ca sigură introducerea acestei valori în modelul lor de ochi. Această evaluare este considerată „pesimistă" sau conservatoare. Comparată cu una mai realistă de, să zicem, 70%, o evaluare pesimistă tinde să crească ultima lor estimare referitoare la timpul necesar evo-

luției ochiului. Au supraestimat în mod intenționat, deoarece specia umană este în mod natural sceptică atunci cînd e vorba de o subestimare a timpului necesar dezvoltării unui lucru atît de complicat ca ochiul.

Pentru același motiv, ei au ales valori pesimiste pentru coeficientul de variație (cantitatea de variație existentă în populație) și pentru intensitatea selecției (cantitatea de avantaje pentru supraviețuire conferită de ameliorarea acuității vizuale). Au mers chiar atît de departe încît au presupus că orice nouă generație se deosebește numai la nivelul unei singure componente a ochiului la un moment dat: au fost eliminate schimbările simultane ale diferitelor părți componente ale ochiului care ar fi accelerat evoluția. Dar chiar aplicînd toate aceste prezumpții conservatoare, timpul necesar pentru dezvoltarea unui ochi de pește din epiderma netedă era infim: mai puțin de patru sute de mii de generații. Pentru tipurile de animale mici de care vorbim, putem estima o generație pe an, așadar se pare că au fost necesari mai puțin de jumătate de milion de ani pentru a se dezvolta un ochi de complexitatea unui obiectiv fotografic.

În lumina rezultatelor lui Nilsson și Pelger, nu este de mirare că „ochiul" a evoluat în mod independent de cel puțin patruzeci de ori în cadrul regnului animal. Ar fi fost suficient timp pentru el să fi evoluat de la faza inițială de o mie cinci sute de ori în orice linie evolutivă. Presupunînd durata medie a unei generații tipică pentru animalele de talie mică, timpul necesar evoluției ochiului, departe de a ne face să ne îndoim prin imensitatea sa, pare a fi prea scurt pentru ca geologii să-l poată măsura. Este o clipă geologică.

Faceți binele pe ascuns. O trăsătură fundamentală a evoluției este gradualitatea sa. Aceasta constituie mai

mult un principiu decît un fapt. S-ar putea ca anumite episoade din evoluție să fi luat o turnură neașteptată, după cum s-ar putea și ca aceasta să nu se fi întîmplat. Acestea ar putea fi momente ale evoluției rapide sau chiar macromutații bruște — schimbările majore care separă un copil de ambii lui părinți. Există cu certitudine dispariții neașteptate — poate din cauza unor mari cataclisme naturale cum ar fi prăbușirea unei comete pe pămînt — și acestea lasă goluri ce trebuie umplute cu dubluri care se îmbunătățesc rapid, așa cum mamiferele au înlocuit dinozaurii. În realitate, este foarte probabil ca evoluția să nu fie întotdeauna treptată. Dar ea trebuie să fie treptată cînd este folosită pentru a explica apariția unor obiecte atît de complicate, aparent proiectate, cum sînt ochii. Pentru că dacă nu ar fi treptată, în aceste cazuri nu ar mai avea nici o putere explicativă. Și, fără gradualitate, în aceste cazuri ne vom întoarce la miracole, ceea ce este sinonim cu absența oricărei explicații.

Motivul pentru care ochii și orhideele polenizate de insecte ne impresionează atît este faptul că ele par neverosimile. Probabilitatea ca ele să nu se fi asamblat spontan, la noroc, este prea mare pentru a fi acceptabilă în lumea reală. Rezolvarea șaradei o constituie evoluția treptată prin pași mici, fiecare pas fiind norocos, dar nu *prea* norocos. Dacă nu ar fi treptată, nu ar exista rezolvare pentru șaradă: ar fi numai o reformulare a șaradei.

Va veni timpul cînd ne va fi greu să ne gîndim la ceea ce au putut fi formele intermediare treptate. Vor fi provocări pentru agerimea noastră. Dar dacă agerimea noastră nu va reuși, cu atît mai rău pentru ea. Aceasta nu constituie dovada că nu au existat forme intermediare treptate. Una dintre cele mai dificile

provocări adresate agerimii noastre în înțelegerea formelor intermediare treptate este făcută de celebrul „limbaj al dansului" al albinelor, descris în lucrările de acum clasice pentru care Karl von Frisch este foarte bine cunoscut. În acest caz, produsul final al evoluției pare atît de complicat, atît de ingenios, atît de departe de ceea ce ne așteptăm în general să facă o insectă, încît formele intermediare sînt greu de imaginat.

Albinele spun una alteia locul unde se află florile prin intermediul unui dans codificat cu migală. Dacă hrana se află foarte aproape de stup ele execută „dansul în cerc". Acesta stimulează doar celelalte albine care ies grăbite și caută în vecinătatea stupului. Pînă aici nimic deosebit. Dar *foarte* deosebit este ceea ce se întîmplă atunci cînd hrana este departe de stup. Albina care a căutat și a descoperit hrana execută așa-numitul „dans unduitor", forma și durata lui indicînd celorlalte albine atît direcția cît și distanța de la stup la hrană. Dansul unduitor este executat în interiorul stupului, pe suprafața verticală a fagurelui. În stup este întuneric, prin urmare dansul unduitor nu este văzut de celelalte albine. El este simțit de ele, și de asemenea auzit, pentru că albina care dansează însoțește execuția ei cu un ușor zumzăit ritmic. Dansul are forma cifrei opt, cu o linie dreaptă în mijloc. Direcția liniei drepte, sub forma unui cod ingenios, indică sensul în care se găsește hrana.

Linia dreaptă a dansului nu este orientată direct spre hrană. Nici nu se poate, deoarece dansul este executat pe suprafața verticală a fagurelui și poziția acestuia a fost stabilită fără nici o legătură cu direcția în care ar putea fi hrana. Aceasta trebuie să fie localizată geografic, în plan orizontal. Fagurele vertical este ca o hartă agățată pe perete. O linie trasată pe o

hartă-perete nu poate fi orientată direct spre o anumită destinație, dar dumneavoastră puteți descifra direcția cu ajutorul unei convenții arbitrare. Pentru a înțelege convenția folosită de albine, trebuie să aflați mai întîi că albinele, asemenea multor insecte, călătoresc folosind soarele drept busolă. Într-un fel aproape asemănător procedăm și noi. Metoda prezintă două inconveniente. Primul, soarele este adeseori acoperit de nori. Albinele depășesc acest inconvenient cu ajutorul unui simț pe care noi nu-l avem. Von Frisch a fost cel care a descoperit mai întîi că ele pot vedea direcția de polarizare a luminii, și aceasta le indică lor unde se află soarele, chiar dacă soarele este invizibil. Al doilea inconvenient cu o busolă-soare este că soarele se „mișcă" pe cer pe măsură ce orele trec. Albinele fac față și acestui neajuns folosind un ceas intern propriu. Von Frisch a descoperit, aproape incredibil, că albinele care dansează, închise în stup multe ore de la ultima expediție de strîngere a hranei, ar roti încet direcția liniei drepte a dansului ca și cum acesta ar fi brațul unui ceas care indică ora. Albinele nu pot vedea soarele în stup, dar ele modifică treptat unghiul direcției dansului lor pentru a-l corela cu mișcarea soarelui care, le-au spus ceasurile lor interne, trebuie să se deplaseze mai departe. În mod uimitor, speciile de albine din emisfera sudică fac același lucru invers, cum era de așteptat.

Acum să trecem la codul dansului. Un dans orientat în sus față de fagure arată că hrana este în aceeași direcție cu soarele. Linia dreaptă în jos semnalează existența hranei exact în direcție opusă. Toate unghiurile intermediare semnalează ceea ce vă așteptați. Cinci zeci de grade spre stînga față de verticală semnalează cincizeci de grade spre stînga față de direcția soarelui

în plan orizontal. Precizia dansului nu este totuși de ordinul gradelor. De ce ar trebui să fie, căci, în fond, împărțirea busolei în trei sute șaizeci de grade este convenția noastră arbitrară. Albinele împart busola în aproximativ opt grade apicole. De fapt, și noi procedăm aproape la fel cînd nu sîntem navigatori profesioniști. Noi împărțim busola noastră simplu în opt cvadranți: N, NE, E, SE, S, SV, V, NV.

Dansul albinelor codifică, de asemenea, distanța față de hrană. Sau, mai degrabă, anumite aspecte ale dansului — frecvența rotațiilor, frecvența unduirilor, frecvența zumzăitului — sînt corelate cu distanța față de hrană, și oricare dintre ele, sau orice combinație a lor, poate fi folosită de celelalte albine pentru a estima distanța. Cu cît este mai aproape hrana, cu atît dansul este mai rapid. Ca să țineți minte acest lucru gîndiți-vă că o albină care a descoperit hrana aproape de stup trebuie să fie mai agitată și mai puțin obosită decît o albină care a găsit hrana la mare distanță. Aceasta este mai mult decît un *aide memoire*; ea oferă o explicație a modului în care s-a dezvoltat dansul, după cum vom vedea.

Pentru a rezuma, o albină care caută hrană a descoperit o sursă bună. Se reîntoarce la stup împovărată cu nectar și polen, și livrează încărcătura lucrătoarelor. Apoi începe dansul. Undeva pe un fagure vertical, n-are importanță unde, începe să se învîrtă într-un opt foarte strîns. Celelalte albine lucrătoare se adună în jurul ei, ascultînd și luînd seama. Ele numără frecvența zumzăitului și poate și frecvența rotațiilor. Ele măsoară, față de verticală, unghiul direcției liniei drepte a dansului în timp ce dansatoarea își unduiește abdomenul. Apoi ele se deplasează spre ieșirea stupului și țîșnesc afară din întuneric în lumina soarelui. Ele

observă poziția soarelui — nu înălțimea lui pe verticală, ci direcția lui raportată la planul orizontal. Își iau zborul într-o linie dreaptă al cărei unghi în raport cu soarele corespunde unghiului dansului primei albine în raport cu verticala fagurelui. Ele continuă să zboare în această direcție, dar nu o distanță indefinită, ci o distanță (invers) proporțională cu (logaritmul) frecvenței zumzăitului primei dansatoare. În mod ciudat, dacă prima albină a descris un ocol pentru a găsi hrana, ea orientează dansul nu în direcția ocolului, ci în direcția hranei, reconstituită cu ajutorul busolei.

Povestea albinelor care dansează este greu de crezut. Și unii chiar nu au crezut-o. Mă voi întoarce la sceptici și la experiențele recente, care în final au confirmat dovezile, în capitolul următor. În acest capitol vreau să discut evoluția treptată a dansului albinei. Cum trebuie să fi arătat etapele de tranziție în evoluția lui și cum lucrau ele cînd dansul era încă incomplet?

Modul în care întrebarea este exprimată nu este destul de corect. Nici un animal nu poate exista ca un „stadiu de tranziție", „intermediar". Albinele străvechi, de mult dispărute, al căror dans poate fi interpretat, retrospectiv, ca stadiu de tranziție, pe calea spre dansul modern al albinelor, trăiau foarte bine. Ele au trăit deplin viața de albină, și nu s-au gîndit că sînt „pe calea" spre ceva „mai bun". De altfel, dansul „modern" al albinei noastre poate să nu fie ultimul cuvînt în materie și poate să se dezvolte în ceva chiar mai spectaculos după ce noi și albinele noastre nu vom mai fi. Totuși, putem să ghicim cum a evoluat dansul actual al albinei în etape succesive. Cum ar fi putut să arate formele intermediare și cum funcționau ele?

Von Frisch s-a ocupat de această problemă și a abordat-o cercetînd în jurul arborelui genealogic pînă

la rudele îndepărtate din ziua de azi ale albinei melifere. Acestea nu sînt strămoșii albinelor pentru că sînt contemporanii lor. Dar ele pot păstra trăsături ale strămoșilor. Albina meliferă însăși este o insectă de zonă temperată care-și găsește adăpostul în copaci scorburoși sau peșteri. Rudele ei cele mai apropiate sînt albinele tropicale care-și fac cuibul în aer liber, atîrnîndu-și fagurii de ramurile copacilor sau de pereți stîncoși. Deci ele pot să vadă soarele în timp ce dansează și nu trebuie să recurgă la convenția de a lăsa verticala „să țină locul" direcției soarelui. Soarele își are propriul său loc.

Una dintre aceste rude tropicale, albina pitică *Apis florea*, dansează în plan orizontal pe suprafața superioară a fagurelui. Linia dreaptă a dansului este orientată direct spre hrană. Nu este necesară nici o convenție cartografică; indicarea o va face direct. Un studiu de tranziție plauzibil pe drumul evoluției spre albină, desigur, dar încă trebuie să ne mai gîndim la alte forme intermediare care au existat înainte și după această fază. Cum ar fi arătat dansul executat de strămoșii albinei pitice? De ce ar trebui o albină care tocmai a descoperit hrana să se tot învîrtă în forma cifrei opt a cărei linie dreaptă să fie orientată spre hrană? Sugestia este că el este o formă ritualizată a elanului de decolare. Înaintea dezvoltării dansului, sugerează von Frisch, o insectă care caută hrana — cercetaș — și care tocmai a descărcat-o, ar decola în aceeași direcție zburînd înapoi spre sursa de hrană. Pregătindu-se să se lanseze în aer, ea și-ar întoarce fața în direcția corectă și ar face cîțiva pași. Selecția naturală ar fi favorizat orice tendință de exagerare sau prelungire a acestui elan de decolare dacă el ar fi îndemnat și celelalte albine să-l urmeze. Poate că dansul este un fel de elan

de decolare repetat ritual. Aceasta este credibil deoarece, fie că folosesc fie că nu folosesc dansul, albinele utilizează frecvent o tactică mai directă, pur și simplu mergînd una după alta spre sursa de hrană. Un alt fapt care face ideea plauzibilă este că albinele care dansează își întind ușor aripile, ca și cum s-ar pregăti de zbor și vibrează mușchii aripilor, nu atît de puternic încît să-și ia zborul, dar suficient pentru a emite un zumzăit care este o componentă importantă a semnalului dansului.

O modalitate evidentă de a prelungi sau exagera elanul plecării este repetarea lui. Repetarea lui presupune întoarcerea la linia de start și apoi schițarea cîtorva pași în direcția hranei. Există două modalități de întoarcere la linia de plecare: vă puteți întoarce spre dreapta sau spre stînga la capătul pistei. Dacă vă întoarceți mereu ba la stînga, ba la dreapta, va deveni neclar care este direcția reală de decolare și care este drumul de revenire spre începutul pistei. Cel mai bun mijloc de a elimina ambiguitatea este întoarcerea alternativă la stînga și la dreapta. De aici selectarea naturală a modelului cifrei opt.

Dar cum s-a făcut legătura între distanța la care se află sursa de hrană și ritmul dansului? Dacă ritmul dansului ar fi corelat direct cu distanța pînă la hrană, ar fi greu de explicat. Dar, vă aduceți aminte, în realitate, lucrurile se petrec altfel: cu cît este mai apropiată sursa de hrană, cu atît dansul este mai rapid. Aceasta sugerează imediat o modalitate plauzibilă a evoluției treptate. Înainte ca dansul să se fi elaborat propriu-zis, albinele cercetaș trebuie să-și fi executat repetarea lor ritualizată a elanului pentru zbor, dar nu cu o viteză anumită. Ritmul dansului ar fi fost oricare se întîmpla să aibă ele chef. Acum, dacă tocmai v-ați întors acasă

de la cîteva mile depărtare încărcat din plin cu nectar și polen, ați avea chef să vă năpustiți în mare viteză în jurul fagurelui? Nu, probabil că dumneavoastră ați fi epuizat. Pe de altă parte, dacă tocmai ați descoperit o sursă de hrană bogată în apropierea stupului, scurta dumneavoastră călătorie spre casă nu v-ar obosi, rămînînd odihnit și plin de energie. Nu e greu să ne imaginăm cum, o legătură inițială întîmplătoare între distanța pînă la hrană și ritmul dansului ar fi devenit ritualizată într-un cod exact, sigur.

Și acum cîte ceva despre formele cele mai incitante, cele intermediare. Cum s-a putut transforma un dans străvechi, în care linia dreaptă era orientată direct spre sursa de hrană, într-unul în care unghiul relativ la planul vertical devenea un cod pentru unghiul sursei de hrană relativ la soare? O asemenea transformare era necesară, pe de o parte pentru că interiorul stupului e întunecos, iar dumneavoastră nu puteți vedea soarele, pe de altă parte, atunci cînd dansați într-un fagure vertical nu puteți să vă îndreptați direct spre hrană, exceptînd situația în care chiar suprafața fagurelui coincide cu direcția în care se găsește hrana. Dar nu este suficient să arătăm că astfel de transformări erau necesare. Trebuie, de asemenea, să explicăm cum a fost realizată această dificilă tranziție, pas cu pas, prin intermediul unei serii plauzibile de forme intermediare.

Este de mirare, dar ne vine în ajutor o însușire unică a sistemului nervos al insectelor. Următoarele experiențe remarcabile au fost realizate cu o mulțime de insecte, de la gîndaci la furnici. Să începem cu un gîndac care se deplasează de-a lungul unei planșete de lemn orizontală, în prezența unei lumini electrice. Primul lucru care trebuie evidențiat este că insecta folo-

seşte o busolă-lumină. Modificaţi poziţia becului şi insecta îşi va schimba în mod corespunzător direcţia. Dacă se află în direcţia de, să zicem, 30° spre lumină, insecta îşi va modifica direcţia astfel încît să menţină o direcţie de 30° faţă de noua poziţie a sursei de lumină. De fapt, dumneavoastră puteţi călăuzi insecta în oricare direcţie doriţi folosind spotul luminos pe post de cîrmă. Este un lucru bine ştiut despre insecte: ele folosesc soarele (sau luna, sau stelele) ca pe o busolă, iar dumneavoastră le puteţi păcăli uşor cu un bec. Pînă aici toate bune. Acum urmează partea cea mai interesantă a experimentului. Stingeţi lumina şi în aceeaşi clipă răsuciţi planşeta în poziţie verticală. Fără să se sperie, gîndacul continuă să se deplaseze şi, *mirabile dictu*, el schimbă direcţia de mers astfel încît unghiul lui relativ la verticală este acelaşi cu unghiul anterior relativ la lumină: 30°, în exemplul nostru. Nimeni nu ştie de ce se întîmplă asta, dar aşa se întîmplă. Se pare că este vorba de un subterfugiu al sistemului nervos al insectei: o confuzie a simţurilor, o încrucişare a firelor simţului de orientare în cîmp gravitaţional şi ale simţului văzului, poate oarecum asemănătoare cu acea luminiţă pe care o vedem cînd primim o lovitură în cap. Toate aceste evenimente alcătuiesc probabil puntea necesară spre evoluţia codului „verticala care ţine locul soarelui“ al dansului albinei.

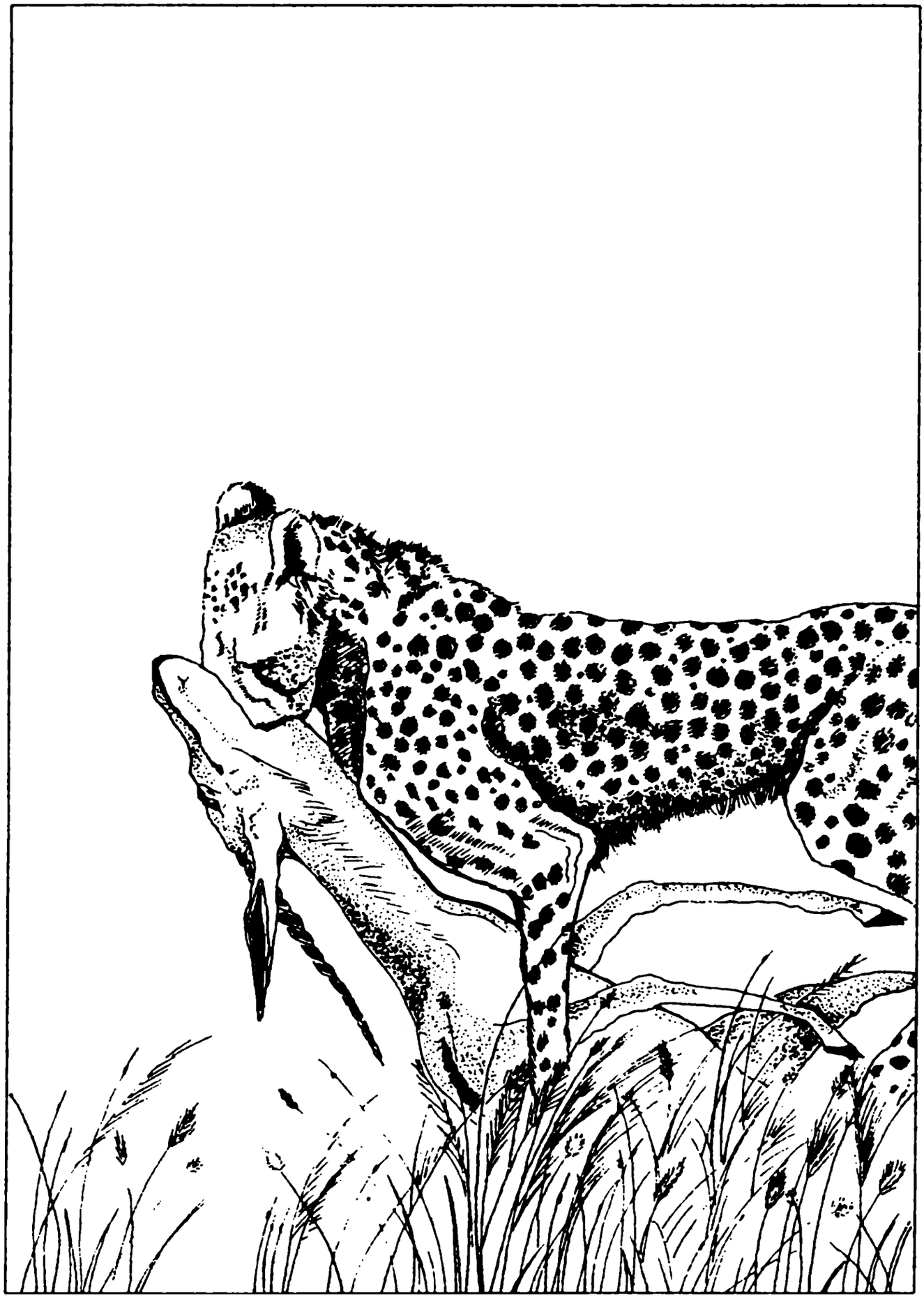
Revelator este că, dacă dumneavoastră aprindeţi o lumină în interiorul unui stup, veţi constata că albinele nu mai folosesc simţul de orientare în cîmpul gravitaţional, ci folosesc direcţia luminii care ţine loc, direct, în codul lor, soarelui. Acest fapt, cunoscut de mult, a fost exploatat într-unul din cele mai ingenioase experimente întreprinse vreodată, care, în final, a confirmat că dansul albinei realmente funcţionează.

Voi reveni la el în capitolul următor. În același timp, noi am descoperit o serie plauzibilă de forme intermediare treptate prin care dansul modern al albinei s-ar fi putut elabora de la începuturile mai simple. Povestea pe care v-am spus-o, bazată pe conceptele lui von Frisch, poate să nu fie singura adevărată. Dar, cu siguranță ceva asemănător s-a petrecut. V-am povestit-o ca un răspuns adresat scepticismului natural — Argumentul Incredulității Personale — care apare la oameni atunci cînd sînt confruntați cu un fenomen natural complicat sau realmente ingenios. Scepticul spune: „Nu pot să-mi imaginez o serie plauzibilă de tranziții, prin urmare nu a existat nici una și fenomenul s-a produs printr-un miracol spontan." Von Frisch a oferit o serie plauzibilă de tranziții. Chiar dacă nu sînt seriile cele mai potrivite, faptul că sînt plauzibile este suficient pentru a răsturna Argumentul Incredulității Personale. Aceasta este valabil și pentru celelalte exemple la care ne-am referit, de la orhideele care imită viespea, pînă la ochii asemănători unui obiectiv fotografic.

Foarte multe fapte curioase, și care ne intrigă, din natură ar putea fi adunate de cei care se îndoiesc de explicația darwinistă a dezvoltării treptate. Am fost rugat, de exemplu, să explic evoluția treptată a acelor ființe care trăiesc în gropile adînci ale Oceanului Pacific, unde nu este lumină și unde presiunea poate depăși o mie de atmosfere. O întreagă comunitate de animale trăiește în jurul crăpăturilor vulcanice fierbinți din adîncurile Pacificului. O întreagă biochimie alternativă se desfășoară în bacteriile ce folosesc căldura supapelor vulcanice și care metabolizează sulful în locul oxigenului. Comunitatea animalelor mai mari depinde în ultimă instanță de aceste bacterii sulfu-

roase, așa cum viața obișnuită depinde de plantele verzi care captează energia de la soare.

Animalele din comunitatea sulfuroasă sînt toate rude ale unora mai obișnuite, întîlnite în alte părți. Cum au evoluat ele și prin intermediul căror stadii de tranziție? Ei bine, conținutul modului de argumentație va fi exact același. Tot ceea ce ne trebuie pentru explicație este un gradient natural, iar gradienții abundă pe măsură ce coborîm în mare. O mie de atmosfere este o presiune înspăimîntătoare, dar este numai cu puțin mai mare decît 999 atmosfere, care este numai cu puțin mai mare decît presiunea de 998 de atmosfere și tot așa mai departe. Fundul mării oferă gradienți ai adîncimii de la 0 picioare, prin toate valorile intermediare, pînă la 33 000 de picioare. Presiunile variază continuu de la o atmosferă la 1 000 atmosfere. Intensitatea luminii variază continuu de la strălucitoarea lumină a zilei, aproape de suprafață, pînă la întunericul absolut al abisurilor, întrerupt doar de rarele aglomerări ale bacteriilor luminiscente din organele luminoase ale peștilor. Nu există treceri bruște. Pentru fiecare nivel de presiune și luminozitate va exista un anumit tip de animal deja adaptat, doar cu puțin diferit de animalele existente, care poate supraviețui la o adîncime cu un stînjen mai mare și la o luminozitate cu un lumen mai mică. Pentru fiecare... dar acest capitol este mai mult decît suficient. Cunoști metodele mele, Watson. Aplică-le.



CAPITOLUL 4

Funcția utilitară a divinității

Corespondentul meu clerical din capitolul precedent a descoperit credința cu ajutorul unei viespi. Charles Darwin a pierdut-o pe a lui cu ajutorul alteia: „Nu mă pot convinge singur", scria Darwin, „că un Dumnezeu binevoitor și omnipotent ar fi fost cel care a creat în mod intenționat *Ichneumonidele* cu scopul vădit al hrănirii lor în trupuri vii de omizi." De fapt, pierderea treptată a credinței, pe care Darwin o ascundea de teamă să nu o tulbure pe pioasa Emma, soția sa, avea mai multe cauze. Referirea lui la *Ichneumonidae* era un aforism. Obiceiurile macabre la care se referă sînt împărtășite și de verișoarele lor, viespile săpătoare, pe care le-am întîlnit în capitolul precedent. O femelă de viespe săpătoare nu numai că-și depune ouăle în omidă (sau lăcuste, sau albine) astfel încît larva ei să se poată hrăni, dar, conform lui Fabre și altor autori, ea își orientează cu grijă înțepătura în fiecare ganglion al sistemului nervos central al prăzii de așa manieră încît să o paralizeze, *dar nu să o omoare*. În felul acesta hrana se menține proaspătă. Nu se știe dacă rostul paraliziei este anestezia generală

sau, ca în cazul curarei, imobilizarea victimei. Cel din urmă caz presupune că prada știe că este mîncată de vie, dar este incapabilă să reacționeze. Pare ceva de o cruzime sălbatică, dar așa cum vom vedea, natura nu este crudă, numai nemilos de indiferentă. Aceasta este una dintre lecțiile cele mai greu de învățat pentru om. Nu putem să admitem că lucrurile nu ar putea fi nici bune nici rele, nici crude nici blînde, ci pur și simplu nemiloase — indiferente la orice suferință și lipsite de orice intenție.

Noi oamenii avem tot timpul în minte un scop. Ne este greu să privim ceva fără să ne întrebăm la ce „folosește", ce motiv are să fie așa, ce intenții se ascund în spatele său. Cînd obsesia legată de intenții devine patologică, ea este numită paranoia — interpretarea drept intenții rău voitoare a ceva ce este de fapt ghinion întîmplător. Dar este numai o formă exagerată a unei amăgiri aproape universale. Arătați-ne aproape orice obiect sau proces și ne va fi greu să rezistăm întrebării „de ce?", întrebării „la ce folosește?".

Dorința de a vedea peste tot intenția este una firească pentru un animal care trăiește înconjurat de mașini, opere de artă, unelte și alte produse artificiale elaborate; mai mult, un animal ale cărui preocupări sînt dominate de propriile ambiții. Un automobil, un deschizător de conserve, o furcă sau o șurubelniță justifică din plin întrebarea „la ce folosește?". Strămoșii noștri necredincioși puneau aceleași întrebări despre furtună, eclipse, stînci sau șuvoaiele torenților. Astăzi ne mîndrim că ne-am scuturat de un asemenea animism primitiv. Dacă în cursul traversării unui torent se întîmplă ca o piatră să fie tocmai bună să ne punem piciorul pe ea, noi privim această utilitate ca

pe o bonificație întîmplătoare, nu ca pe o intenție reală. Dar vechea tentație revine cu vîrf și îndesat cînd ne lovește o tragedie — de fapt, însuși cuvîntul „lovește" are un ecou animist: „de ce, vai, de ce a trebuit ca uraganul, cutremurul, cancerul să-l lovească tocmai pe copilul *meu*?". Și aceeași ispită este adeseori încercată cînd subiectul în discuție este originea lumii sau legile fundamentale ale fizicii, culminînd cu superflua întrebare existențială: „de ce există totuși ceva, mai degrabă decît nimic?"

Nu mai știu de cîte ori un membru al auditoriului s-a ridicat după o conferință pe care am ținut-o și a spus cam așa ceva: „Voi savanții sînteți tare pricepuți să răspundeți la întrebările « cum ». Dar trebuie să recunoașteți că sînteți neputincioși în fața unui « de ce »." Prințul Philip, duce de Edinburgh, a procedat la fel cînd s-a aflat în auditoriul colegului meu, dr. Peter Atkins, cu prilejul unei conferințe ținute la Windsor. În spatele acestei întrebări se află întotdeauna un dedesubt nemărturisit, dar niciodată justificat: deoarece știința este incapabilă să răspundă întrebărilor „de ce", trebuie să existe o altă disciplină calificată să răspundă. Desigur acest dedesubt este în întregime ilogic.

Mă tem că dr. Atkins a condamnat cum se cuvine acest „de ce" regal. O întrebare, prin simplul fapt că o poți adresa, nu devine neapărat legitimă. Există numeroase lucruri despre care vă puteți întreba „care este temperatura lui?" sau „ce culoare are?", dar dumneavoastră nu puteți adresa întrebarea despre culoarea sau întrebarea despre temperatura, să zicem, a geloziei sau a rugăciunii. În mod similar, dumneavoastră sînteți îndreptățiți să puneți întrebarea „de ce"

în legătură cu apărătoarele de noroi ale bicicletei sau Kariba Dam, în nici un caz nu aveți nici un drept să *presupuneți* că întrebarea „de ce" merită un răspuns cînd este pusă despre un bolovan, o calamitate, muntele Everest sau Universul. Întrebările pot fi pur și simplu nepotrivite, chiar dacă sînt de bună credință.

Undeva printre ștergătoarele de parbriz și deschizătoarele de conserve, pe de o parte, și stînci și univers, pe de alta, se află ființele vii. Corpurile vii și organele lor sînt obiecte care, spre deosebire de roci, par să fie impregnate de intenție. Este notorie, desigur, aparenta intenționalitate a lumii vii care a dominat celebrul argument al Creației, invocat de teologi de la Aquino la William Paley și în continuare pînă la creaționiștii „științifici" actuali.

Adevăratul progres care a înzestrat aripile și ochii, ciocurile și instinctele de cuibărit sau orice altceva în legătură cu viața, cu puternica iluzie a unei creații intenționate, este astăzi bine cunoscut. E vorba de selecția naturală darwinistă. Înțelegerea acesteia s-a produs surprinzător de tîrziu, în ultimii o sută cincizeci de ani. Înainte de Darwin, chiar persoanele instruite care abandonaseră întrebările „de ce" în legătură cu eclipse, roci sau curenți mai acceptau implicit legitimitatea întrebării „de ce" în privința ființelor vii. Astăzi o mai fac numai analfabeții cu diplomă. Dar „numai" ascunde dezagreabilul adevăr că mai vorbim încă de o majoritate absolută.

De fapt, adepții darwinismului formulează un fel de întrebare „de ce" despre ființele vii, dar o fac într-un sens special, metaforic. De ce cîntă păsările și la ce servesc aripile? Astfel de întrebări ar putea fi acceptate ca formulări concise de către darwiniștii

actuali și s-ar putea da răspunsuri raționale în termenii unei selecții naturale a strămoșilor păsărilor. Iluzia unei intenții este atît de puternică încît înșiși biologii utilizează presupunerea unui bun plan de organizare ca pe un instrument de lucru. Așa cum am văzut în primul capitol, cu mult înainte ca lucrările asupra dansului albinelor să facă școală, Karl von Frisch a descoperit, în ciuda opiniei curente la acea dată, că unele insecte au o adevărată vedere în culori. Experimentele sale ingenioase au fost stimulate de simpla constatare a faptului că florile polenizate de insecte își dau osteneala să producă pigmenți colorați. De ce ar face asta dacă albinele nu disting culorile? Metafora intenției — mai precis presupunerea că este implicată selecția darwinistă — a fost folosită aici pentru a face un raționament foarte solid despre lume. Ar fi complet greșit pentru von Frisch dacă ar fi spus: „Florile sînt colorate, deci albinele trebuie să vadă culorile." Dar era mai corect să spună, așa cum de altfel a și spus: „Florile sînt colorate, prin urmare cel puțin merită osteneala să muncesc din greu la cîteva noi experimente care să verifice ipoteza că albinele pot să vadă în culori." Ceea ce a descoperit cînd a examinat subiectul în detaliu a fost că albinele, într-adevăr, văd în culori, dar spectrul pe care-l văd e diferit de cel perceput de om. Ele nu pot vedea lumina roșie (ar trebui să se numească „infragalben" ceea ce noi numim roșu). Dar ele pot vedea în regiunea undelor de lungime mai scurtă pe care o numim ultraviolet, și ele văd ultravioletul ca pe o culoare distinctă, numită uneori „purpuriu de albină".

Cînd și-a dat seama că albinele văd în regiunea ultravioletă a spectrului, von Frisch a făcut din nou

cîteva raționamente folosindu-se de metafora intenției. La ce le-ar servi albinelor, s-a întrebat el, văzul lor în ultraviolet? Gîndurile sale s-au întors din nou la flori. Deși noi nu putem vedea lumina ultravioletă, putem face un film fotografic care este sensibil la ea, și putem face filtre care sînt transparente pentru lumina ultravioletă, dar opresc „lumina vizibilă". Acționînd conform supoziției sale, von Frisch a fotografiat cîteva flori în ultraviolet. Spre marea sa satisfacție, a văzut modelele unor dungi și pete pe care nici un ochi omenesc nu le mai văzuse vreodată. Florile, care pentru noi par albe sau galbene, sînt de fapt decorate cu desene ultraviolet, care adesea servesc ca balize luminoase pentru a dirija albinele spre nectar. Presupunerea unui *scop* aparent a mai fost confirmată o dată: florile, dacă ar fi bine proiectate, ar exploata faptul că albinele pot vedea în regiunea ultraviolet.

Cînd era deja bătrîn, lucrarea cea mai renumită a lui von Frisch — despre dansul albinelor, pe care am discutat-o în precedentul capitol — a fost contestată de un biolog american pe nume Adrian Wenner. Din fericire, von Frisch a trăit suficient pentru a-și vedea opera reabilitată de un alt american, James L. Gould, astăzi la Princeton, într-unul dintre cele mai strălucite experimente concepute vreodată în întreaga biologie. Vă voi spune povestea pe scurt, deoarece este relevantă pentru punctul meu de vedere referitor la forța presupunerii „ca și cum ar fi intenționat".

Wenner și colaboratorii săi nu au negat faptul că dansul există. Și nici măcar faptul că el conține toate informațiile la care se referea von Frisch. Ceea ce au negat ei este că celelalte albine descifrează dansul. Da, e adevărat, spune Wenner, că direcția liniei drepte a

dansului unduitor în raport cu verticala se află în relație cu direcția sursei de hrană în raport cu soarele. Dar, în nici un caz, celelalte albine nu obțin această informație prin intermediul dansului. Desigur, e adevărat că frecvența diferitelor elemente ale dansului poate fi interpretată ca informație referitoare la distanța pînă la sursa de hrană. Dar nu există nici o dovadă sigură că celelalte albine descifrează informația. Ele ar putea-o ignora. Dovada lui von Frisch, au spus scepticii, prezintă o lacună, și, cînd au reluat experimentele acestuia cu propriile lor „verificări" exacte (adică, luînd în considerare și alte mijloace prin care albinele ar putea descoperi hrana), rezultatele nu au mai putut susține ipoteza lui von Frisch despre limbajul dansului albinelor.

În acest moment și-a făcut apariția Jim Gould cu experiențele sale absolut ingenioase. Gould s-a folosit de un amănunt bine cunoscut în legătură cu albinele, pe care vi-l amintiți din capitolul anterior. Deși în mod obișnuit albinele dansează în întuneric utilizînd direcția liniei drepte a dansului în planul vertical ca un semn codificat al direcției soarelui într-un plan orizontal, ele ar putea, aparent fără efort, să folosească o cale și mai veche pentru a face acest lucru, dacă introduceți o lumină în interiorul stupului. Ele uită atunci totul despre gravitație și folosesc becul ca pe propriul semn-soare, care le permite să determine direct unghiul dansului. Din fericire, nici o perturbare nu apare cînd dansatoarea trece de la orientarea în cîmp gravitațional la orientarea după lumina becului. Celelalte albine, „descifrînd" dansul, își modifică și ele comportamentul în același fel, astfel încît dansul

păstrează același înțeles: celelalte albine se îndreaptă în căutarea hranei în direcția arătată de dansatoare.

Și acum lovitura de maestru a lui Jim Gould. El a acoperit ochii albinei dansatoare cu șerlac, în felul acesta ea nu mai putea vedea lumina becului. Prin urmare, ea a dansat folosind convenția normală a gravitației. Dar celelalte albine care urmăreau dansul acesteia puteau vedea lumina becului. Ele au interpretat dansul ca și cum convenția gravitației ar fi fost anulată și înlocuită cu convenția becului „soare". Cele care au urmărit dansul au măsurat unghiul acestuia în raport cu lumina, în timp ce dansatoarea îl alinia în raport cu gravitația. Practic, Gould a silit-o să mintă în privința direcției sursei de hrană. Și nu în general, ci într-o direcție pe care Gould o putea manevra cu precizie. Firește că nu a experimentat cu o singură albină, ci cu un număr statistic asigurat și cu multe unghiuri diferite. Și experimentele au reușit. Ipoteza originală a lui von Frisch cu privire la limbajul dansului a fost susținută magistral.

Nu v-am spus această poveste pentru amuzament. Am vrut să accentuez aspectele pozitive sau negative ale presupunerii unui plan bun. Cînd am citit pentru prima oară lucrările sceptice ale lui Wenner și ale colaboratorilor săi, le-am luat în derîdere. Și nu a fost bine, chiar dacă în cele din urmă Wenner a greșit. Îndoiala mea se baza în întregime pe presupunerea unui „plan bun". Wenner nu nega, în cele din urmă, că dansul avea loc, nici că nu ar fi cuprins toate informațiile despre distanța și direcția hranei susținute de von Frisch. Wenner nega doar faptul că celelalte albine interpretează aceste informații. Și asta a fost prea greu de digerat pentru mine și alți biologi darwiniști.

Dansul era atît de complicat, atît de elaborat, atît de bine acordat cu scopul lui vădit de a informa celelalte albine asupra direcției și distanței pînă la hrană. Acest acord fin nu putea să se fi realizat, în concepția noastră, decît prin mijloacele selecției naturale. Într-un anumit fel, cădem în aceeași cursă ca și creaționiștii cînd contemplă minunile vieții. Dansul trebuie să aibă pur și simplu o utilitate, iar aceasta se referea probabil la orientarea albinei cercetaș pornită în căutarea hranei. De altfel, acele aspecte reale ale dansului erau atît de fin acordate — relația dintre unghi și viteză cu direcția și distanța pînă la sursa de hrană — încît trebuiau să reprezinte și ceva util. Prin urmare, din punctul nostru de vedere, Wenner nu avea dreptate. Eram atît de încredințat de aceasta încît, chiar dacă aș fi fost destul de inventiv ca să mă gîndesc la experimentul lui Gould cu acoperirea ochilor (dar, în mod cert, nu sînt), nu mi-aș fi bătut capul să-l fac.

Gould nu numai că a fost suficient de inventiv ca să conceapă experimentul, dar și-a dat osteneala să-l pună în practică, pentru că nu era sedus de presupunerea unui plan bun. Totuși, sîntem pe un teren alunecos deoarece presupun că Gould — la fel ca și Frisch înaintea lui, în cercetările sale despre culori — avea în minte premiza unui scop justificat pentru a crede că remarcabilele lui experimente au o șansă considerabilă de succes și merită să cheltuiască timp și eforturi cu ele.

Vreau să introduc acum doi termeni tehnici, „ingineria inversă“ și „funcția de utilitate“. În acest capitol am fost influențat de superba carte a lui Daniel Dennett *Darwin's Dangerous Idea*. Ingineria inversă este o tehnică de raționare care funcționează în modul

următor. Sînteți un inginer confruntat cu un artefact pe care l-ați găsit și nu îl înțelegeți. Porniți de la premisa că a fost proiectat pentru un scop. Disecați și analizați obiectul pentru a afla la rezolvarea căror probleme este util: „Dacă aș fi vrut să fac un dispozitiv care să facă cutare lucru l-aș fi făcut oare așa? Acest obiect ar putea fi explicat ca un dispozitiv proiectat să facă cutare lucru?"

Rigla de calcul, pînă de curînd un talisman al onorabilei profesiuni de inginer, este în epoca electronicii tot așa de demodată ca și orice relicvă din epoca bronzului. Un arheolog din viitor, care descoperă o riglă de calcul și care este surprins de ea, ar putea să se gîndească că este ușor de mînuit pentru trasat linii drepte sau pentru întins untul pe pîine. Dar, a presupune că oricare dintre acestea era scopul ei inițial violează rațiunile economice. Un simplu netezitor sau un cuțit de întins untul pe pîine n-ar fi avut nevoie de o piesă glisantă în mijlocul lamei. De altfel, dacă examinați spațierea graticulelor, descoperiți gradațiile logaritmice precise, prea meticulos dispuse pentru a fi întîmplătoare. Și acestui arheolog i-ar fi venit ideea că, în epoca de dinainte de calculatoare, acest model ar fi fost un șiretlic ingenios pentru împărțiri și înmulțiri rapide. Misterul riglei de calcul ar fi rezolvat printr-o inginerie inversă folosind presupunerea unui plan eficient și inteligent.

„Funcția de utilitate" este un termen tehnic mai degrabă economic decît ingineresc. Ea înseamnă „ceea ce este maximizat". Planificatorii economici și inginerii sociali se aseamănă mai degrabă cu arhitecții și inginerii adevărați în sensul că ei se străduiesc să maximizeze ceva. Utilitariștii se străduiesc să maximizeze „cea mai

mare fericire pentru cel mai mare număr" (o frază care sună mai inteligent decît este de fapt). Sub această umbrelă, utilitaristul poate să acorde mai multă sau mai puțină prioritate stabilității pe termen lung în detrimentul fericirii pe termen scurt și utilitariștii se deosebesc prin modul în care măsoară „fericirea": satisfacția profesională, realizările culturale sau relațiile personale. Alții maximizează direct propria lor fericire pe seama celei generale și pot ridica egoismul la rangul de filozofie care stabilește că fericirea generală va fi maximizată dacă fiecare are grijă de el însuși. Prin observarea comportamentului indivizilor în decursul vieții lor ați putea să aplicați ingineria inversă funcțiilor lor de utilitate. Dacă abordați prin această tehnică comportamentul guvernului unei țări, puteți conchide că ceea ce este maximizat este gradul de ocupare al forței de muncă și bunăstarea generală. Pentru altă țară, funcția de utilitate se dovedește a fi menținerea puterii președintelui, sau a sănătății unei anumite familii conducătoare, mărimii haremului sultanului, stabilității în Orientul Mijlociu sau menținerii prețului petrolului. Esențialul este că se pot imagina mai multe funcții de utilitate, nu numai una. Și întotdeauna este clar ce se străduiesc indivizii, sau companiile, sau guvernele să maximizeze. Dar se poate presupune, cu certitudine, că ele maximizează ceva. Aceasta probabil pentru că *Homo sapiens* este o specie profund orientată spre un scop. Principiul stă în picioare chiar dacă funcția de utilitate se dovedește a fi o sumă ponderată sau vreo altă funcție complicată a mai multor mărimi de intrare.

Să revenim la corpurile vii și să încercăm să evidențiem aspectele funcției lor de utilitate. Ar putea exista multe dar, revelator, va reieși în cele din urmă

că toate se reduc la una. Pentru scopul nostru putem să imaginăm un scenariu în care ființele vii au fost create de un Inginer Divin și să încercăm să înțelegem prin inginerie inversă ce a vrut Inginerul să maximizeze: care era funcția de utilitate a Divinității?

Panterele ne oferă toate indiciile unor ființe superb proiectate pentru ceva, și va fi destul de ușor să le aplicăm ingineria inversă și să înțelegem funcția lor de utilitate. Ele par a fi bine proiectate pentru a omorî antilope. Dinții, colții, ochii, nările, mușchii picioarelor, coloana vertebrală și creierul unei pantere sînt exact ceea ce ne-am aștepta dacă scopul lui Dumnezeu în proiectarea panterelor a fost să aducă la cote maxime moartea printre antilope. În schimb, dacă vom aplica ingineria inversă unei antilope, vom găsi la fel de multe dovezi izbitoare ale unui proiect orientat în sens opus: supraviețuirea antilopelor și înfometarea panterelor. Este ca și cum panterele ar fi fost create de o zeitate, iar antilopele de o alta, rivală. Sau, dacă a existat numai un Creator care a făcut tigrul și mielul, pantera și gazela, de-a ce se joacă El? Este El un sadic căruia îi place să fie spectatorul unor distracții sîngeroase? Încearcă El cumva să împiedice suprapopularea Africii cu mamifere? Sau El vrea să maximizeze estimările prezentate de David Attenborough la televiziune? Toate acestea sînt funcții de utilitate clare care ar trebui să fie reale. De fapt, este sigur că ele sînt greșite. Noi înțelegem acum unica Funcție de Utilitate a lumii vii în cele mai mici detalii, și nu seamănă cu nimic din toate acestea.

Capitolul I l-a pregătit pe cititor pentru a înțelege adevărata funcție de utilitate a vieții: ceea ce este maximizat în lumea vie este supraviețuirea ADN-ului.

ADN nu plutește liber; el se află zăvorît în corpurile vii și trebuie să profite la maximum de pîrghiile de putere de care dispune. Secvențele ADN care se află în corpurile panterelor maximizează supraviețuirea lor determinînd ca acele corpuri să omoare gazelele. Secvențele care se află în trupurile gazelelor maximizează supraviețuirea acestora promovînd scopuri opuse. Dar în ambele cazuri este maximizată supraviețuirea ADN-ului. În acest capitol intenționez să aplic ingineria inversă mai multor exemple practice și să arăt că totul capătă sens de îndată ce presupunem că este maximizată supraviețuirea ADN-ului.

Raportul între sexe — proporția masculilor față de femele — în populațiile sălbatice este în mod obișnuit de 50:50. Aceasta pare să nu aibă o rațiune economică, în cazul numeroaselor specii în care o minoritate a masculilor are un monopol injust asupra femelelor: sistemul haremului. Într-o populație de elefanți de mare, atent studiată, 4% dintre masculi realizează 88% din totalul împerecherilor. Nu are importanță că în acest caz Funcția de Utilitate a Celui-de-Sus pare atît de inechitabilă pentru majoritatea celibatarilor. Ceea ce este mai rău, o divinitate eficientă, econoamă, ar trebui să observe că cele 96% de frustrați consumă jumătate din resursele de hrană ale populației (de fapt, mai mult de jumătate, deoarece masculii adulți sînt mult mai mari decît femelele). Excedentul de celibatari nu face nimic altceva decît să aștepte ocazia de a înlocui pe unul din cei 4% norocoși stăpîni ai haremului. Cum poate fi justificată existența unei asemenea turme de burlaci inconștienți ? Orice funcție de utilitate care ar acorda o cît de mică atenție eficien-

ței economice a comunității s-ar dispensa de celibatari. În schimb, ar fi născuți exact atîția masculi cîți ar fi necesari pentru a fertiliza femelele. Această aparentă anomalie, repet, este explicată încă o dată cu o elegantă simplitate, de îndată ce dumneavoastră ați înțeles adevărata Funcție de Utilitate darwinistă: maximizarea supraviețuirii ADN-ului.

Voi detalia puțin exemplul raportului între sexe deoarece funcția lui de utilitate se pretează într-un mod subtil la o abordare economică. Charles Darwin mărturisea nedumerit: „Mă gîndeam mai de mult că, de vreme ce o tendință de a produce cele două sexe în număr egal a fost avantajoasă pentru specie, ea era rezultatul acțiunii selecției naturale, dar acum văd că întreaga problemă este atît de complicată, încît este mai sigur să lăsăm soluția pentru viitor." Așa cum se întîmplă adeseori, celebrul Sir Ronald Fisher a întruchipat viitorul despre care vorbea Darwin.

Orice individ care a fost adus pe lume are doar o mamă și un tată. Prin urmare, succesul reproductiv total, măsurat în descendenții îndepărtați ai tuturor masculilor în viață, trebuie să egaleze pe cel al tuturor femelelor în viață. Nu vreau să spun al *fiecărui* mascul și femelă, pentru că unii indivizi, este evident, și important, au mai mult succes decît alții. Vorbesc despre totalitatea masculilor comparată cu totalitatea femelelor. Toți urmașii trebuie împărțiți între sexul masculin și cel feminin — nu împărțiți egal, dar împărțiți. Prăjitura reproducerii care trebuie să fie împărțită între toți masculii este egală cu prăjitura care trebuie să fie împărțită între toate femelele. Prin urmare, dacă într-o populație sînt mai mulți masculi, să zicem, decît femele, felia medie a prăjiturii per

mascul trebuie să fie mai mică decît felia medie a prăjiturii per femelă. Rezultă că succesul mediu reproductiv (adică numărul așteptat de descendenți) al unui mascul comparat cu succesul mediu reproductiv al unei femele este determinat numai de raportul masculi – femele. Un membru mediu al sexului minoritar are un succes reproductiv mai mare decît un membru mediu al sexului majoritar. Numai dacă raportul sexelor este egal și nu există nici o minoritate, sexele se vor bucura de același succes reproductiv. Această concluzie remarcabil de simplă este o consecință a unui raționament pur teoretic. Nu se bazează deloc pe fapte empirice, exceptînd adevărul fundamental că toți copiii au un tată și o mamă.

Sexul este de obicei determinat în momentul concepției, deci putem presupune că un individ nu are puterea să și-l determine (încă o dată circumlocuțiunea nu este rituală, ci necesară). Vom presupune, împreună cu Fisher, că un părinte ar putea să aibă puterea să determine sexul urmașilor. Prin „putere", desigur, nu înțelegem că o poate face în mod deliberat, conștient. Însă o mamă ar putea avea o predispoziție genetică de a genera o secreție vaginală ușor ostilă spermatozoizilor care produc fii, dar nu și celor care produc fiice. Sau un tată ar putea avea o înclinație determinată genetic să formeze mai mulți spermatozoizi care produc fiice decît spermatozoizi care produc fii. Oricum s-ar întîmpla, imaginați-vă în postura unui părinte care încearcă să decidă dacă să aibă un băiat sau o fată. Repet, nu vorbim despre decizie conștientă, ci despre selecția generațiilor de gene care acționează asupra trupurilor pentru a influența sexul descendenților lor.

Dacă ați încerca să maximizați numărul nepoților dumneavoastră, ar fi oare mai bine să aveți un fiu sau o fiică? Am văzut deja că ar fi mai bine să aveți un copil al cărui sex, indiferent care, să fie în minoritatea din cadrul populației. În acest fel, copilul dumneavoastră ar putea avea o participare relativ mare la activitatea reproductivă, și dumneavoastră v-ați putea aștepta la un număr relativ mare de nepoți. Dacă nici unul dintre sexe nu este predominant – dacă, cu alte cuvinte, raportul dintre sexe este deja 50:50 — nu aveți nici un avantaj preferînd unul sau altul dintre sexe. Nu are nici o importanță dacă veți avea un băiat sau o fată. Un raport al sexelor de 50:50 este prin urmare considerat ca stabil evolutiv, pentru a utiliza termenul introdus de marele evoluționist englez John Maynard Smith. Numai dacă raportul existent dintre sexe este diferit de 50:50 merită să faceți o opțiune în alegerea dumneavoastră. Cît despre întrebarea de ce indivizii trebuie să încerce să maximizeze nepoții lor și descendenții ulteriori, nici nu mai este nevoie să ne-o punem. Genele care determină indivizii să maximizeze descendenții lor sînt genele pe care ne așteptăm să le vedem în lumea vie. Animalele pe care le cercetăm moștenesc genele strămoșilor lor încununați de succes.

Este tentant să exprimăm teoria lui Fisher spunînd că 50:50 este raportul „optimum“ între sexe, dar este absolut incorect. Sexul optim preferat pentru un copil este mascul dacă masculii sînt în minoritate, feminin dacă femelele sînt în minoritate. Dacă nici unul dintre sexe nu este în minoritate, nu există optimum: părintelui bine intenționat îi este absolut indiferent dacă se va naște un fiu sau o fiică. Se spune

că 50:50 este raportul între sexe stabil evolutiv, deoarece selecția naturală nu favorizează nici o tendință de abatere de la el, iar dacă ar exista o abatere de la el selecția naturală favorizează o tendință de restabilire a echilibrului.

În plus, Fisher a înțeles că selecția naturală nu menține absolut constant numărul masculilor și femelelor la 50:50, ci ceea ce el a numit „cheltuiala parentală" pentru fii și fiice. Cheltuiala parentală reprezintă toată hrana cîștigată cu greu și îndesată în gura copilului; și tot timpul și energia cheltuite pentru îngrijirea lui, care ar fi putut fi folosite în alt mod, de pildă pentru a avea grijă de alt copil. Să presupunem, de exemplu, că părinții aparținînd unei anumite specii de foci cheltuiesc în mod obișnuit de două ori mai mult timp și energie pentru a crește un pui mascul decît pentru a crește o femelă. Masculii focilor sînt atît de mari, comparativ cu femelele, încît este ușor de crezut (aprecierea s-ar putea să nu corespundă realității) că lucrurile s-ar petrece astfel. Gîndiți-vă ce ar însemna asta. Adevărata posibilitate de alegere oferită părintelui nu este: „ar fi mai bine să am un băiat sau o fată?", ci „ar fi mai bine să am un băiat sau *două* fete?" Și asta pentru că, cu hrana și alte bunuri necesare creșterii unui fiu, dumneavoastră ați putea crește două fiice. Raportul între sexe stabil evolutiv, măsurat în numărul corpurilor, ar fi de două femele pentru fiecare mascul. Dar, *măsurat în suma cheltuielii parentale* (spre deosebire de numărul indivizilor) raportul între sexe stabil evolutiv este tot 50:50. În teoria lui Fisher, cheltuielile celor două sexe se echilibrează. Aceasta, așa cum se întîmplă adesea, devine sinonim cu echilibrarea numerică a celor două sexe.

Chiar și la foci, așa cum am spus, se pare că, în privința sumei cheltuielii parentale, între fii și fiice nu apar mari deosebiri. Diferența mare în greutate pare să apară după consumarea cheltuielii parentale. Deci întrebarea pe care și-o pune un părinte este totuși: „Ar fi mai bine să am o fiică sau un fiu?" Chiar dacă costul total al creșterii unui fiu pînă la maturitate poate să fie mult mai mare decît costul total al creșterii unei fiice, dacă costul suplimentar nu este suportat de către cel care ia decizia (părintele), acesta este lucrul cel mai important, conform teoriei lui Fisher.

Regula lui Fisher referitoare la echilibrarea cheltuielii se aplică totuși și în cazurile în care rata mortalității unui sex este mai mare decît a celuilalt sex. Să presupunem, de exemplu, că probabilitatea de a muri este mai mare la puii de sex masculin decît la puii de sex feminin. Dacă în momentul concepției raportul între sexe este exact de 50:50, masculii care ajung la maturitate vor fi depășiți numeric de femele. Ei sînt așadar sexul în minoritate și ne-am aștepta în mod cu totul naiv ca selecția naturală să favorizeze părinții care se specializează în fii. Și Fisher, de asemenea, se aștepta la același lucru, dar numai pînă la un punct — și un punct delimitat precis. El nu se aștepta ca părinții să conceapă exact acel surplus de fii care să compenseze mortalitatea infantilă mai mare, conducînd la egalitate în populația care se reproduce. Nu, raportul între sexe în momentul concepției trebuie să fie într-un anumit fel înclinat spre sexul masculin, dar numai pînă în acel punct în care cheltuiala totală pentru fii se așteaptă să egaleze cheltuiala totală pentru fiice.

Repet încă o dată, cel mai simplu mod de a înțelege acest lucru este să vă puneți dumneavoastră înșivă în postura părintelui care trebuie să decidă și să vă întrebați: „Ar fi mai bine să am o fată care probabil va supraviețui, sau un băiat, care poate muri în copilărie?“ Decizia de a obține nepoți cu ajutorul băieților atrage după sine o probabilitate de a cheltui resurse suplimentare pentru cîțiva băieți în plus pentru a-i înlocui pe cei care mor. Trebuie să vă gîndiți la fiecare fiu supraviețuitor ca și cum poartă în spate umbrele fraților săi morți. Îi poartă în spate în sensul că decizia de a urma calea fiilor către nepoți îl determină pe părinte să irosească cheltuiala — cheltuiala care va fi pierdută cu copii de sex masculin morți. Regula de bază a lui Fisher funcționează și încă din plin. Cantitatea totală de energie și bunuri investite în băieți (inclusiv hrănirea lor pînă în momentul în care vor muri) va egala cantitatea totală investită în fiice.

Ce s-ar întîmpla dacă, în locul mortalității infantile mai mari a masculilor, ar exista o mortalitate mai mare a masculilor după ce s-a făcut cheltuiala parentală? De fapt, așa se va întîmpla adesea, deoarece masculii adulți, de multe ori, se luptă rănindu-se reciproc. Acest fapt, de asemenea, va determina un surplus de femele în populația care se reproduce. S-ar părea deci că vor fi favorizați părinții care sînt specializați în fii, în felul acesta se profită de raritatea masculilor în populația care se reproduce. Gîndiți-vă mai bine însă și veți înțelege că raționamentul este șubred. Părintele se confruntă cu întrebarea următoare: „Ar fi mai bine să am un fiu, care va fi probabil ucis într-o luptă după ce l-am crescut, dar care, dacă supraviețuiește, îmi va oferi un surplus de nepoți? Sau să

am o fiică — și este aproape sigur că îmi va aduce un număr mediu de nepoți?" Numărul nepoților la care dumneavoastră vă puteți aștepta prin intermediul unui fiu este totuși același cu numărul mediu de nepoți la care dumneavoastră vă puteți aștepta prin intermediul unei fiice. Și costul creșterii unui fiu este totuși costul hrănirii și protejării lui pînă în momentul în care va părăsi cuibul părintesc. Faptul că este probabil să fie omorît imediat ce părăsește cuibul nu schimbă calculul.

În tot raționamentul său, Fisher presupune că „autorul deciziei" este părintele. Calculul s-ar schimba dacă ar fi altcineva. Să presupunem, de exemplu, că un individ ar putea influența propriul sex. Repet încă o dată, nu mă refer la o influență conștientă, intenționată, ci emit ipoteza genelor care schimbă calea dezvoltării unui individ orientîndu-l spre mascul sau femelă, în funcție de dispozițiile care provin din mediul înconjurător. Conform înțelegerii noastre, pentru concizie voi folosi sintagma alegerea deliberată de către un individ — în acest caz, alegerea deliberată a propriului nostru sex. Dacă animalele de harem ca elefanții de mare ar fi înzestrate cu posibilitatea de a alege liber, efectul ar fi dramatic. Indivizii ar aspira să fie stăpîni de harem, dar dacă nu ar face rost de nici unul, ar prefera mai degrabă să fie femele decît masculi celibatari. Raportul între sexe s-ar înclina puternic spre sexul feminin. Din păcate, elefanții de mare nu pot reveni asupra sexului pe care l-au primit la concepție, dar unele specii de pești o pot face. Masculii unor pești buzați cu capul albastru sînt mari, viu colorați și stăpînesc haremuri de femele cu un colorit șters, monoton. Unele femele sînt mai

mari decît altele și formează o ierarhie dominantă. Dacă moare un mascul, locul său este rapid ocupat de cea mai mare femelă, care se transformă curînd într-un mascul viu colorat. Acești pești dobîndesc tot ce este mai bun în ambele forme de existență. În loc să-și irosească viețile lor ca masculi celibatari așteptînd moartea stăpînului de harem, ei își petrec timpul de așteptare ca femele reproducătoare. Sistemul raportului între sexe al peștilor buzați cu capul albastru este unul rar, în care Funcția de Utilitate a Divinității coincide cu ceva ce un socio-economist ar considera ca prudent.

Deci, pînă acum am considerat ca autori ai deciziei atît pe părinte cît și pe noi înșine. Cine altcineva ar mai putea fi autorul deciziei? În cazul insectelor sociale, deciziile importante sînt luate, în cea mai mare parte, de lucrătoarele sterile, care în mod normal sînt surorile mai mari (și de asemenea frații, în cazul termitelor) ale tineretului care se crește. Printre cele mai bine cunoscute insecte sociale se numără albinele. Dintre cititorii mei, apicultorii și-au dat deja seama că raportul dintre sexe într-un stup nu pare să se conformeze evaluărilor lui Fisher. Primul lucru remarcat este că lucrătoarele nu ar trebui inventariate ca femele. Ele sînt femele ca atribuții, dar nu se reproduc, astfel încît raportul între sexe, conform teoriei lui Fisher, este raportul trîntori (masculi) – noile regine separate de stup. În cazul albinelor și furnicilor există anumite motive tehnice, pe care le-am discutat în cartea *The Selfish Gene* și nu aș vrea să le mai repet aici, pentru ca raportul anticipat dintre sexe să fie 3:1 în favoarea femelelor. Departe de aceasta, după cum știe orice apicultor, raportul real între sexe este puter-

nic deplasat în favoarea masculilor. Un stup prosper poate produce o jumătate de duzină de regine noi în timpul unui sezon, dar sute sau chiar mii de trîntori.

Ce se petrece aici? Așa cum se întîmplă adeseori în teoria modernă a evoluției, datorăm răspunsul lui W. D. Hamilton, acum la Universitatea din Oxford. El este revelator și rezumă întreaga teorie referitoare la raportul dintre sexe inspirată de Fisher. Cheia la enigma raportului dintre sexe la albine rezidă în remarcabilul fenomen al roirii. Un stup de albine este, în numeroase privințe, asemănător unui singur individ. El se dezvoltă pînă la maturitate, se reproduce și, în cele din urmă, moare. Produsul reproducerii este un roi. În miezul verii, cînd un stup este într-adevăr înfloritor, expulzează o colonie-fiică — un roi. Pentru un stup, producerea roiului este echivalentul reproducerii. Dacă stupul este o fabrică, roiurile constituie produsul final, purtînd cu ele prețioasele gene ale coloniei. Un roi este compus dintr-o regină și cîteva mii de lucrătoare. Toate părăsesc stupul-părinte împreună și se adună ca un ciorchine dens, care atîrnă de vreo ramură sau de vreo stîncă. Acesta va fi spațiul lor de adăpost temporar în timp ce prospectează în căutarea unei reședințe permanente. În cîteva zile ele vor găsi o peșteră sau o scorbură (sau, mai obișnuit în prezent, sînt capturate de vreun apicultor, poate cel care le-a fost stăpînul inițial, și introduse într-un nou stup).

Producerea roiurilor-fiice este îndatorirea oricărui stup prosper. Prima etapă în realizarea acestui proces este producerea unei noi regine. În mod obișnuit se produc circa o jumătate de duzină dintre care doar una este menită să trăiască. Prima care iese din ou le

înțeapă pe celelalte omorîndu-le. (Probabil surplusul de regine există numai ca o asigurare.) Reginele sînt genetic interschimbabile cu lucrătoarele, dar ele sînt crescute în cămăruțe speciale pentru regine care atîrnă sub fagure și primesc o hrană specială, bogată, corespunzătoare unei regine. Această dietă include lăptișor de matcă, substanță căreia romanciera Barbara Cartland îi atribuie, plină de romantism, îndelungata sa viață și ținuta regală. Albinele lucrătoare sînt crescute în cămăruțe mai mici, aceleași care vor fi utilizate ulterior pentru păstrarea mierii. Trîntorii sînt genetic diferiți. Ei provin din ouă nefertilizate. Remarcabil este faptul că de regină depinde dacă un ou se preschimbă într-un trîntor sau într-o femelă (regină/lucrătoare). O albină-regină se împerechează numai în cursul unui singur zbor nupțial, la începutul vieții sale de adult, și ea depozitează sperma pentru tot restul vieții ei în corp. În timp ce fiecare ou trece prin oviduct, ea poate sau nu să elibereze o mică picătură de spermă din depozitul său pentru a-l fertiliza. Regina este, prin urmare, cea care controlează raportul sexelor la nivelul ouălor. După aceea, lucrătoarele par a avea totuși întreaga putere, deoarece ele administrează aprovizionarea cu hrană. Ele pot, de exemplu, să omoare prin înfometare larvele mascule dacă regina produce prea multe (din punctul lor de vedere) ouă din care ies masculi. În orice caz, lucrătoarele controlează dacă un ou de femelă se preschimbă într-o lucrătoare sau o regină, deoarece aceasta depinde de condițiile de creștere, în special de alimentație.

Acum să revenim la problema raportului dintre sexe și să cercetăm deciziile cu care sînt confruntate lucrătoarele. Așa cum am văzut, spre deosebire de

regină, ele nu au de ales dacă să producă fii sau fiice și dacă să producă frați (trîntori) sau surori (tinere regine). Și acum să revenim la enigma noastră. Cît privește raportul real dintre sexe, se pare că este înclinat în favoarea masculilor, ceea ce, din punctul de vedere al lui Fisher, nu are nici un sens. Să cercetăm și mai atent deciziile cu care se confruntă lucrătoarele. Spunem că a fost o alegere între frați și surori. Dar așteptați o clipă. Decizia de a crește un frate înseamnă într-adevăr numai atît: angajarea stupului cu orice cantitate de hrană sau alte resurse cerute pentru a îngriji o albină-trîntor. Dar decizia de a crește o nouă regină angajează stupul cu mult mai mult decît numai resursele necesare hrănirii unui singur trup regesc. Decizia de a crește o nouă regină este echivalentă cu o obligație de a pune bazele unui roi. Adevăratul cost al unei noi regine include într-o mică măsură o cantitate neînsemnată de lăptișor de matcă și altă hrană pe care o va consuma. În cea mai mare parte el constă în întreținerea tuturor miilor de lucrătoare care vor fi pierdute pentru stup la plecarea roiului.

Aceasta este, aproape sigur, explicația pentru înclinarea, aparent anormală, a raportului între sexe în favoarea masculilor. Conform regulei lui Fisher, cantitatea de cheltuială pentru masculi și femele trebuie să fie egală, nu numărul indivizilor, masculi și femele, recenzați. Cheltuiala pentru o nouă regină atrage după sine o cheltuială uriașă pentru lucrătoare care, altfel, nu ar fi pierdută pentru stup. Situația este similară cu cea existentă în populația ipotetică de foci, în care creșterea unui sex costa de două ori mai mult decît a celuilalt, cu rezultatul că acel sex este pe jumătate mai numeros. În cazul albinelor, o regină costă de

sute sau chiar mii de ori mai mult decît un trîntor, deoarece existența ei antrenează costul întreținerii tuturor lucrătoarelor necesare în plus pentru roi. De aceea, reginele sînt de sute de ori mai puțin numeroase decît trîntorii. Aici ar mai fi de adăugat ceva interesant: cînd un roi părăsește stupul, în chip cu totul ciudat el conține *vechea* regină, nu pe cea nouă. Cu toate acestea, economia este aceeași. Decizia de a produce o nouă regină mai atrage după sine cheltuiala roiului necesar pentru a escorta vechea regină la noua ei reședință.

În încheierea discuției noastre despre raportul între sexe, revenim la enigma cu haremul cu care am început: acea reglementare risipitoare prin care o turmă mare de mașculi burlaci consumă aproape jumătate (dacă nu cumva mai mult) din resursele de hrană ale populației, dar niciodată nu se reproduc și nici nu fac ceva folositor. În mod evident, aici bunăstarea economică a populației nu este maximizată. Ce se întîmplă? Repet, din nou, puneți-vă dumneavoastră în postura celui care ia decizia — să zicem, o mamă care încearcă să „decidă" dacă e mai bine să aibă un fiu sau o fiică în scopul maximizării numărului de nepoți. Decizia pare la o primă apreciere naivă, simplă: „să am un fiu care va rămîne probabil holtei, fără să-mi dea nici un nepot, sau o fată, care probabil va sfîrși într-un harem și-mi va oferi un număr respectabil de nepoți?" Replica potrivită pentru acest potențial părinte este: „dar dacă ai un fiu, el *poate* ar ajunge să aibă un harem, și o să-ți dea mai mulți nepoți decît ai sperat vreodată să ai printr-o fiică?" Să presupunem, pentru simplificare, că toate femelele se reproduc cu o rată medie și că

nouă masculi din zece nu se reproduc niciodată, în timp ce unul din zece monopolizează femelele. Dacă dumneavoastră aveți o fată, puteți conta pe un număr mediu de nepoți. Dar dacă aveți un fiu, sînt 90% șanse de a nu avea nici un nepot și 10% de a avea de zece ori mai mult decît numărul mediu de nepoți. Numărul mediu de nepoți la care vă puteți aștepta prin fiii dumneavoastră este același cu numărul mediu la care vă puteți aștepta prin fiicele dumneavoastră. Selecția naturală favorizează deci un raport al sexelor de 50:50, chiar dacă rațiunea economică la nivelul speciei reclamă un surplus de femele. Regula lui Fisher rămîne încă valabilă.

Am folosit în toate aceste raționamente termenul „decizii" ale indivizilor aparținînd regnului animal, dar repet, aceasta este doar o formulare prescurtată. Ceea ce se întîmplă de fapt este că genele „pentru" maximizarea numărului de nepoți devin tot mai numeroase în genofond. Viața devine tot mai plină de gene care s-au transmis cu succes de-a lungul generațiilor. Cum ar putea o genă să se transmită cu succes în timp, altfel decît influențînd deciziile indivizilor, așa încît să maximizeze numărul lor de descendenți? Teoria lui Fisher despre raportul între sexe ne spune cum ar trebui făcută această maximizare și este foarte diferită de maximizarea bunăstării economice a speciilor sau populațiilor. Există și aici o funcție de utilitate, dar se deosebește foarte mult de funcția de utilitate la care s-ar gîndi economiștii.

Risipirea resurselor economice ale haremului poate fi rezumată astfel: masculii, în loc să se dedice unor activități folositoare, își irosesc energia și puterile în lupte inutile între ei. Asta este adevărat, chiar dacă

definim termenul de „folositor" într-un fel aparent darwinist, ca preocuparea cu creșterea copiilor. Dacă masculii ar consuma în scopuri utile energia pe care o irosesc luptînd unii cu alții, specia ca întreg ar putea crește mai mulți copii cu mai puțin efort și mai puțină hrană consumată.

Un expert în probleme de muncă ar privi înspăimîntat lumea elefanților de mare. S-ar putea face următoarea paralelă. Un atelier nu are nevoie decît de zece oameni pentru a funcționa, deoarece are la dispoziție zece strunguri. În loc să folosească zece oameni, administrația decide să angajeze o sută. În fiecare zi toți vin la serviciu și își încasează drepturile bănești. Apoi își petrec ziua luptînd să intre în posesia celor zece strunguri. Firește că se confecționează cîteva piese, dar nu mai mult decît s-ar fi realizat de către zece persoane, ba chiar probabil mai puțin, deoarece cei o sută de oameni sînt atît de ocupați cu bătălia lor încît strungurile nu sînt folosite eficient. Expertul în probleme de muncă nu ar avea nici un dubiu. 90% dintre acești oameni sînt în plus, și ei ar fi declarați în mod oficial ca atare și concediați.

Dar masculii animalelor nu-și risipesc eforturile numai în lupte fizice – „risipesc" fiind definit din punctul de vedere al economistului sau al expertului în problemele muncii. La multe specii există, de asemenea, și concursuri de frumusețe. Acestea ne duc spre o altă funcție de utilitate pe care noi oamenii o putem aprecia, cu toate că, nu are semnificație economică directă: frumusețea estetică. Ar fi ca și cum Funcția de Utilitate a Celui-de-Sus este ceva organizat după modelul concursurilor de frumusețe Miss World (astăzi, slavă Domnului, demodate), dar unde

cei care defilează sînt masculi. Acest lucru este foarte evident în așa-numitele arene ale păsărilor ca ieruncile și păunul-de-mare. Un „lek" este o porțiune de pămînt folosită în mod obișnuit de păsările masculi care defilează prin fața femelelor. Ele vizitează locul și privesc la evoluțiile făloase ale cîtorva masculi, înainte de a alege unul și a se împerechea cu el. Masculii speciilor cu acest ritual de împerechere au deseori podoabe bizare pe care le pun în valoare cu mișcări de dans la fel de remarcabile. Firește, termenul de „bizar" este o apreciere subiectivă; probabil că ritualul cocoșului de munte cu dansurile lui istovitoare acompaniate de sunete asemănătoare pocnetelor de dopuri nu pare deloc bizar femelelor propriei specii și asta este tot ce contează. În unele cazuri, ideea femelelor de păsări despre frumusețe poate coincide cu a noastră, și rezultatul este un păun sau pasărea paradisului.

Cîntecele privighetorii, coada fazanului, licăririle licuriciului, irizațiile asemenea unui curcubeu ale peștilor din regiunea coralieră tropicală reprezintă toate frumusețea estetică maximizată, dar aceasta nu este — sau poate fi doar întîmplător — frumusețe pentru delectarea omului. Dacă ne place spectacolul, aceasta este numai o bonificație, un produs secundar. Genele care-i fac atrăgători pe masculi pentru femele automat se văd transmise în cursul rîului digital spre viitor. Există doar o funcție de utilitate care conferă o semnificație acestor frumuseți; este aceeași care explică la elefantul de mare raportul între sexe, angajarea panterelor și antilopelor în curse aparent zadarnice, cucii și păduchele, ochii și urechile și traheele, furnicile lucrătoare sterile și reginele superficiale.

Marea Funcție de Utilitate universală, cantitatea care este maximizată cu sîrguință în fiecare ungher al lumii vii este supraviețuirea ADN-ului responsabil pentru însușirea pe care încercați să v-o explicați.

Păunii sînt împovărați cu podoabe atît de grele și incomode încît le-ar stînjeni eforturile lor de a face o treabă folositoare, chiar dacă ei s-ar simți înclinați spre activități utile – ceea ce, în general, nu e cazul. Masculii speciilor cîntătoare folosesc cantități riscante de timp și energie pentru a cînta. Acestea desigur îi pun în pericol nu numai pentru că atrag prădătorii, ci și pentru că ei se epuizează și folosesc timpul pe care l-ar putea consuma pentru refacerea acestei energii. Un cercetător al biologiei pitulicei pretindea că unul din masculii lui, dezlănțuit, a cîntat, fără exagerare, pînă cînd a murit. Dacă orice funcție de utilitate ar avea ca scop bunăstarea speciei pe termen lung, chiar supraviețuirea pe termen lung a acestui individ mascul, atunci ar scurta durata cîntecelor, a dansurilor și numărul luptelor dintre masculi. Totuși, deoarece ceea ce este maximizat într-adevăr este supraviețuirea ADN-ului, nimic nu poate opri răspîndirea ADN-ului, care nu are alt efect benefic decît de a-i face pe masculi plăcuți femelelor. Frumusețea nu este o virtute în sine. Dar inevitabil, dacă unele gene vor conferi masculilor orice calități pe care femelele speciei le găsesc dezirabile, acele gene, vrînd-nevrînd, vor supraviețui.

De ce sînt copacii unei păduri atît de înalți? Doar pentru a depăși copacii rivali. O funcție de utilitate „rațională“ ar avea grijă ca să fie toți scunzi. Ar primi exact aceeași cantitate de lumină, cu cheltuieli mult mai mici decît cele necesare pentru trunchiurile

groase și ramurile masive. Dar dacă toți ar fi scunzi, selecția naturală nu ar putea acționa favorizînd o variantă individuală care a crescut puțin mai înaltă. O dată ce primii s-au înălțat, ceilalți trebuie să-i urmeze. Nimic nu ar putea opri întregul joc, care se transformă într-o escaladă, pînă cînd toți copacii ar deveni ridicol de înalți și risipitori. Este absurd doar din punctul de vedere al unui planificator economic rațional care se gîndește în termenii maximizării eficienței. Dar totul capătă sens o dată ce înțelegeți adevărata funcție de utilitate — genele maximizează propria lor supraviețuire. Analogiile casnice se găsesc din belșug. În timpul unei petreceri, dumneavoastră strigați pînă răgușiți. Motivul este că toată lumea vorbește cît poate de tare. Numai dacă invitații s-ar înțelege să vorbească în șoaptă, ei s-ar auzi la fel de bine, forțîndu-și mai puțin corzile vocale și cheltuind mai puțină energie. Dar o asemenea înțelegere nu funcționează decît dacă ei sînt dirijați. Întotdeauna cineva se trezește vorbind mai tare, și, unul cîte unul, ceilalți îi urmează exemplul. Un echilibru stabil se instaurează numai atunci cînd toată lumea strigă atît de tare cît este fizic posibil, iar aceasta înseamnă mult mai tare decît este cerut de un punct de vedere „rațional". Regula colectivă este mereu zădărnicită de propria-i instabilitate. Funcția de Utilitate a Divinității rareori reușește să fie cel mai mare bun pentru cel mai mare număr. Funcția de Utilitate a Divinității își trădează originile ei într-o strădanie necoordonată pentru un cîștig egoist.

Oamenii au mai degrabă o afectuoasă tendință să presupună că bunăstarea înseamnă bunăstarea grupului, că „bine" înseamnă binele societății, viitoarea exis-

tență fericită a speciei sau chiar a ecosistemului. Funcția de Utilitate a Divinității, așa cum derivă dintr-o contemplare aprofundată a selecției naturale, se opune viziunilor utopice. Sînt situații în care genele pot maximiza bunăstarea lor egoistă la propriul lor nivel, prin programarea unei cooperări neegoiste, sau pot ajunge chiar la autosacrificiu, prin intermediul organismului în care se află. Dar o bunăstare generală este totdeauna o consecință neprevăzută, un impuls primar. Acesta este înțelesul „genei egoiste".

Să cercetăm acum un alt aspect al Funcției de Utilitate a Divinității, începînd cu o analogie. Psihologul darwinist Nicolas Humphrey aduce la lumină un fapt edificator referitor la Henry Ford. „Se spune" că Ford, sfîntul patron al eficienței industriale

> ...a comandat o expertiză a resturilor de automobile răspîndite prin America pentru a afla dacă există vreo piesă aparținînd modelului T Ford care nu s-a stricat niciodată. Inspectorii săi au raportat defecțiuni ale aproape tuturor pieselor: osiile, frînele, pistoanele. Dar le-a atras atenția o excepție: *pivotul de fuzetă* în toate resturile de automobile rezistase eroic, înglobînd în el ani de zile de uzură. Cu o logică nemiloasă, Ford a conchis că pivotul de fuzetă al modelului T era prea bun pentru rostul lui și a ordonat ca pe viitor să fie confecționat la parametri inferiori.

Ca și mine, puteți să aveți neclarități în legătură cu această piesă, dar nu are nici o importanță. Este ceva de care are nevoie motorul unui automobil și asprimea invocată a lui Ford era într-adevăr absolut logică. Alternativa ar fi fost să îmbunătățească toate celelalte piese ale mașinii pentru a le aduce la stan-

dardul pivoților neuzați. Dar atunci n-ar mai fi produs un model T, ci un Rolls-Royce, și nu acesta era obiectivul propus. Un Rolls-Royce este un automobil respectabil și la fel este și modelul T, dar la un preț diferit. Șmecheria este să fii sigur că fie întreaga mașină este construită conform parametrilor Rolls-Royce, fie întreaga mașină este construită conform parametrilor modelului T. Dacă dumneavoastră faceți o mașină hibrid, cu unele componente de calitatea modelului T și alte componente de calitatea Rolls-Royce-ului, realizați cea mai proastă variantă, pentru că mașina va fi aruncată cînd cele mai slabe componente se uzează, iar banii cheltuiți pe componentele de înaltă calitate care nu au timp să se uzeze sînt pur și simplu irosiți.

Lecția lui Ford se aplică chiar mai bine corpurilor însuflețite decît mașinilor, deoarece piesele unui automobil, în anumite limite, pot fi înlocuite cu piese de schimb. Maimuțele și gibonii își petrec viața în vîrful arborilor și există întotdeauna un risc să cadă și să-și fractureze oasele. Să presupunem că am ordonat o expertiză a cadavrelor maimuțelor pentru a stabili frecvența fracturilor la nivelul fiecărui os principal al corpului. Să presupunem că s-a constatat că fiecare os se mai rupe, mai des sau mai rar, cu o singură excepție: peroneul (osul paralel cu tibia) care nu a fost niciodată fracturat. Henry Ford ar prescrie fără ezitare reproiectarea peroneului la un parametru inferior și asta este exact ceea ce ar face selecția naturală, de asemenea. Indivizii mutanți, posesorii unui peroneu inferior — indivizi mutanți ale căror reguli de creștere necesită devierea prețiosului calciu din peroneu — ar putea utiliza materialul economisit pentru a îngroșa alte oase ale corpului și astfel ar realiza

idealul conform căruia toate oasele ar avea șanse egale de rupere. Sau indivizii mutanți ar putea folosi calciul economisit pentru producerea unei cantități suplimentare de lapte și ar reuși astfel să crească mai mulți urmași. Peroneul s-ar putea subția cel puțin atît cît să devină la fel de expus la rupere ca și cele mai solide oase. Alternativa – soluția Rolls-Royce de a aduce toate celelalte componente la standardul peroneului — este mai greu de realizat.

Dar calculul nu este atît de simplu, deoarece unele oase sînt mai importante decît altele. Cred că i-ar veni mai ușor unei maimuțe-păianjen să supraviețuiască cu călcîiul fracturat decît cu un braț rupt, așa încît nu ne putem aștepta ca selecția naturală să facă toate oasele identice în ceea ce privește rezistența la fracturi. Dar principalul aspect desprins din lecția legendarului Henry Ford este fără îndoială corect. Este posibil ca o componentă a unui animal să fie prea bună, și ne-am aștepta ca selecția naturală să favorizeze o reducere a calității acesteia, dar nu sub un punct de echilibru cu calitatea celorlalte componente ale corpului. Mai precis, selecția va favoriza o nivelare a calității, atît în direcția descendentă cît și în cea ascendentă, pînă cînd echilibrul potrivit șterge diferențele între toate părțile componente ale corpului.

Este destul de ușor de apreciat acest echilibru cînd sînt șterse diferențele între două aspecte separate ale vieții: supraviețuirea păunului față de frumusețea sa în ochii păuniței, de exemplu. Teoria darwinistă ne spune că orice supraviețuire este doar un mijloc de propagare a genelor, dar aceasta nu ne oprește pe noi să împărțim corpul în acele componente, ca picioarele, care sînt implicate în primul rînd în supra-

viețuirea individuală, și acelea, ca penisurile, care sînt implicate în reproducere. Sau acelea, cum sînt coarnele, destinate înfruntării cu indivizi rivali, în comparație cu picioarele și penisurile, a căror importanță nu depinde de existența indivizilor rivali. Multe insecte impun o separare strictă a diferitelor stadii de dezvoltare din cursul vieții lor. Omizile sînt destinate strîngerii hranei și creșterii. Fluturii, asemănător florilor pe care le vizitează, sînt destinați reproducerii. Ei nu cresc și adună nectarul numai pentru a-l arde imediat ca benzină pentru zbor. Cînd un fluture se reproduce cu succes, el propagă genele nu numai pentru a fi un fluture care zboară și se împerechează eficient, ci și pentru a fi o omidă care se hrănește eficient, ceea ce a și fost de fapt. Insectele efemere se hrănesc și cresc ca nimfe sub apă, pînă la vîrsta de trei ani. Apoi apar ca adulți zburători și trăiesc doar cîteva ore. Multe dintre ele sînt mîncate de pești, dar chiar dacă nu se va întîmpla așa, ele vor muri în orice caz, deoarece nu se pot hrăni și nici nu posedă intestine (Henry Ford le-ar fi iubit). Treaba lor este să zboare pînă întîlnesc un partener pentru reproducere. Apoi, după ce și-au transmis genele — inclusiv genele ce le fac nimfe eficiente capabile să se hrănească 3 ani sub apă —, ele mor. O insectă efemeră este asemenea unui copac care are nevoie de ani de zile pentru a crește, apoi înflorește pentru o singură splendidă zi și moare. Adultul insectelor efemere este floarea care se deschide pentru scurt timp la sfîrșitul vieții și începutul unei noi vieți.

Un somon tînăr migrează în josul fluviului în care s-a născut și petrece majoritatea vieții hrănindu-se și crescînd în mare. Cînd ajunge la maturitate caută din

nou, probabil după miros, gura rîului său natal. În această călătorie atît de mult descrisă, somonul înoată în amonte, depășind cascade și vîrtejuri, spre casă, spre izvoarele în care s-a ivit în urmă cu o viață. Acolo își depune icrele și ciclul se reia. Există o diferență specifică între somonul de Atlantic și cel de Pacific. Somonul de Atlantic, după ce a depus icrele, poate reveni în mare cu unele șanse de a repeta ciclul a doua oară. Somonul din Pacific moare, epuizat, la cîteva zile după depunerea icrelor. Un somon tipic de Pacific este ca o insectă efemeră, însă fără separarea anatomică clară a fazelor de nimfă și adult în ciclul său de viață. Efortul de a înota în amonte este atît de mare încît nu mai are resurse să-l facă a doua oară. Așadar, selecția naturală favorizează indivizii care angajează ultimele resurse într-un efort reproductiv „big-bang". Orice resurse rămase după reproducere vor fi irosite — echivalentul piesei supraelaborate a automobilului lui Henry Ford. Somonul de Pacific s-a dezvoltat către o reducere treptată a șanselor de supraviețuire postreproductivă pînă aproape de zero, resursele economisite fiind orientate spre icre sau lapți. Somonul de Atlantic a fost îndreptat spre altă cale. Poate pentru că rîurile pe care trebuie să le urce sînt mai scurte și izvorăsc din munți mai puțin înalți, indivizii care mai păstrează unele resurse pot uneori să parcurgă al doilea ciclu reproductiv. Prețul pe care somonul de Atlantic îl plătește este că el nu se poate angaja prea mult față de icrele lui. Există un anumit schimb între reproducere și longevitate, și diferitele feluri de somoni au optat pentru diferite tipuri de echilibre. Trăsătura caracteristică a ciclului de viață a somonului este că această zdrobitoare odisee a

migrației impune o discontinuitate. Nu există o trecere lină între un sezon reproductiv și cel de al doilea. Angajarea într-un al doilea sezon reproductiv reduce drastic eficiența celui dintîi. Somonul de Pacific s-a dezvoltat spre o angajare fără echivoc într-un prim sezon reproductiv, cu rezultatul că un individ tipic moare imediat după acest efort titanic de depunere a icrelor.

Același fel de schimb marchează orice fel de viață, dar de obicei este mai puțin dramatic. Propria noastră moarte este programată probabil într-un sens asemănător cu cea a somonului, dar într-o manieră mai puțin evidentă și netă. Fără îndoială că un adept al eugeniei ar putea obține o rasă umană caracterizată printr-o longevitate foarte mare. Ați putea alege pentru împerechere acei indivizi care depun cele mai multe din resursele lor în propriile corpuri, în defavoarea copiilor: de exemplu indivizi ale căror oase sînt puternic îngroșate și greu de rupt, dar care au disponibilizat puțin calciu pentru a produce lapte. E destul de ușor să trăiești ceva mai mult, dacă ești răsfățat ca un animal de casă pe seama viitoarei generații. Eugenistul ar putea să îngrijească ca pe o comoară subiecții săi și să exploateze schimbul în direcția dorită a longevității. Natura însă nu ne va cocoloși în acest fel, pentru că genele care frustrează generația următoate nu vor străbate în viitor.

Funcția de Utilitate a Naturii nu va aprecia niciodată longevitatea doar de dragul ei, ci numai în interesul reproducerii viitoare. Orice animal care, la fel ca noi, dar nu și ca somonul de Pacific, se reproduc de mai multe ori, face față schimburilor între copilul actual și copiii viitori. O iepuroaică ce-și consacră

toată energia și toate resursele primilor ei pui va avea probabil o primă progenitură foarte reușită. Dar nu va mai dispune de resurse necesare pentru a ajunge să producă o a doua generație. Genele ce controlează acumularea unor rezerve vor tinde să se răspîndească în populația de iepuri, transportate în corpurile celei de a doua sau celei de a treia generații de pui. Genele de acest tip nu s-au răspîndit în populația somonului de Pacific, pentru că discontinuitatea între primul și al doilea sezon de reproducere este foarte mare.

Pe măsură ce îmbătrînim, șansele de a deceda în următorul an, inițial scăzute și apoi pentru un timp constante, cresc continuu. Ce se petrece în acest interval de creștere a mortalității? Principiul în esență este același ca și în cazul somonului de Pacific, dar acționează pe o perioadă mai lungă în loc să fie concentrat într-o scurtă și precipitată orgie a morții, după orgia de depunere a icrelor. Principiul modului în care se instalează îmbătrînirea a fost pus în evidență, la începutul anilor 1950 de savantul în medicină Sir Peter Medawar, laureat al Premiului Nobel, și completat cu diferite modificări ale ideilor de bază de către distinșii darwiniști G. C. Williams și W. D. Hamilton.

Argumentul esențial este următorul: în primul rînd, după cum am văzut în capitolul I, orice efect genetic va fi declanșat, în mod normal, într-un anumit moment în cursul vieții organismului. Numeroase gene sînt declanșate în primele etape ale dezvoltării embrionare, dar altele – ca gena pentru chorea Huntigton, boala care l-a doborît în mod tragic pe poetul și cîntărețul folk Woody Guthrie — nu sînt declanșate pînă la vîrsta mijlocie. În al doilea rînd, detaliile unui efect genetic, inclusiv momentul în care este

declanșat, pot fi modificate de celelalte gene. Un bărbat care posedă gena ce determină chorea Huntington se poate aștepta să moară din cauza bolii, dar momentul morții, la patruzeci sau cincizeci de ani (vîrsta la care a murit Woody Gutherie), poate fi influențat de celelalte gene. Rezultă că, prin selecția genelor modificatoare, momentul exprimării unei anumite gene poate surveni fie mai tîrziu, fie mai devreme în timpul evoluției.

O genă ca cea responsabilă de chorea Huntington, care se declanșează între 35 și 55 de ani, are toate șansele să fie transmisă în generația următoare înainte de a-l omorî pe posesorul ei. Dacă totuși ar fi fost declanșată la vîrsta de 20 de ani, ar fi fost transmisă numai de oameni care se reproduc destul de tineri, și prin urmare selecția ar fi acționat drastic împotriva ei. Dacă s-ar fi declanșat la vîrsta de 10 ani, categoric n-ar mai fi fost niciodată transmisă. Selecția naturală va favoriza orice gene modificatoare al căror efect va face ca gena ce determină chorea Huntington să se declanșeze la o vîrstă mai înaintată. Conform teoriei Medawar/Williams, exact acesta ar fi motivul pentru care, în mod normal, ea nu este declanșată mai devreme de vîrsta mijlocie. Cu mult timp în urmă, este posibil să fi existat o genă ce acționa mai devreme, dar selecția naturală a favorizat amînarea efectului ei letal pînă spre mijlocul vieții. Nu este nici o îndoială că și acum se mai exercită o foarte ușoară presiune de selecție pentru a o împinge la bătrînețe, dar această presiune este slabă deoarece puține victime mor înainte de a se reproduce și de a transmite gena descendenței.

Gena care determină chorea Huntington este un exemplu elocvent de genă letală. Există numeroase

alte gene care nu sînt ele însele letale dar, cu toate acestea, determină efecte care măresc probabilitatea surveniri morții din cu totul alte cauze și sînt numite subletale. Repet încă o dată, momentul declanșării lor poate fi influențat de genele modificatoare și, prin urmare, accelerat sau încetinit de selecția naturală. Medawar a înțeles că debilitățile bătrînești ar putea să reprezinte o acumulare a efectelor genetice letale și subletale care au fost împinse tot mai tîrziu în ciclul vieții și cărora li s-a permis să se strecoare prin sita reproducerii în generațiile viitoare datorită simplului fapt că aceste gene acționau tîrziu.

Interpretarea pe care G. C. Williams, decanul de vîrstă al darwiniștilor americani, a dat-o poveștii în 1957 este una importantă. Ea revine asupra punctului nostru de vedere despre economia schimburilor. Pentru a o înțelege trebuie să precizăm cîteva date esențiale. De obicei, o genă are mai mult decît un efect asupra unor părți ale corpului care aparent sînt foarte distincte. Nu este doar un efect de „pleiotropie", ci mai mult decît ne-am aștepta, avînd în vedere că genele își exercită efectele lor asupra dezvoltării embrionare, iar dezvoltarea embrionară este un proces foarte complicat. Deși unul din efectele ei poate fi benefic, este puțin probabil ca și celelalte să fie la fel. Aceasta deoarece efectele celor mai multe mutații sînt nefavorabile. Aceasta nu este numai o realitate, ci este chiar previzibil în principiu: dacă dumneavoastră intenționați să construiți ceva și începeți cu un mecanism foarte complicat — ca un radio, să zicem — există mai multe posibilități să-l faceți mai rău decît să-l faceți mai bun.

Ori de cîte ori selecția naturală favorizează o genă datorită efectului ei benefic la vîrsta tinereții — să spunem, asupra puterii de atracție sexuală a unui mascul tînăr — este probabil să existe și o latură negativă: unele boli specifice la vîrsta mijlocie sau la bătrînețe, de exemplu. Teoretic, ar putea exista și o altă modalitate de a face ca efectele să se manifeste la vîrste diferite, dar conform raționamentului lui Medawar, selecția naturală este puțin probabil să favorizeze maladia în tinerețe din cauza unui efect benefic al aceleiași gene la bătrînețe. De altfel, putem invoca din nou caracteristica genelor modificatoare. Oricare dintre numeroasele efecte ale unei gene, bune sau rele, ar putea fi afectate în evoluția lor ulterioară în privința momentului la care se declanșează. Conform principiului Medawar, efectele benefice ar tinde să se deplaseze spre vîrstele timpurii, în timp ce efectele negative ar tinde să se deplaseze spre vîrstele mai tîrzii. De altfel, în unele cazuri va exista un schimb direct între efectele timpurii și cele tîrzii. Acest aspect a apărut în discuția noastră despre somon. Dacă un animal posedă o cantitate limitată de resurse pentru consum, să zicem, pentru a deveni mai puternic din punct de vedere fizic și pentru a scăpa de pericole, orice înclinație de a le consuma devreme va fi favorizată în raport cu preferința de a le consuma tîrziu. Consumatorii tîrzii este mai probabil să fi murit deja din alte cauze înainte de a avea șansa să-și consume resursele. Pentru a introduce punctul de vedere al lui Medawar într-un fel de versiune revăzută a noțiunilor pe care le-am introdus în capitolul I, toată lumea se trage dintr-un șir neîntrerupt de strămoși care, fără excepție, au fost la un moment dat

în viața lor tineri, dar mulți dintre ei nu au apucat să îmbătrînească niciodată. Așadar moștenim tot ce este necesar pentru a fi tineri, dar nu neapărat și tot ce este necesar pentru a ajunge bătrîni. Noi tindem să moștenim genele pentru a muri la mult timp după ce ne-am născut, nu pentru a muri la scurt timp după ce ne-am născut.

Pentru a reveni la începutul pesimist al acestui capitol, cînd funcția de utilitate — ceea ce este maximizat — este supraviețuirea ADN-ului, aceasta nu constituie o rețetă a fericirii. Atîta timp cît ADN-ul este transmis, nu are nici o importanță cine sau ce suferă în timpul acestui proces. Este mai bine pentru genele viespii ichneumonide, de care vorbea Darwin, ca omida să fie în viață și deci proaspătă atunci cînd este mîncată, neavînd nici o importanță costul sub formă de suferință. Genelor nu le pasă de suferință, deoarece lor nu le pasă de nimic.

Dacă natura ar fi fost blîndă, ea ar fi făcut cel puțin o concesie minoră anesteziind omizile înainte ca ele să fie mîncate de vii din interior. Dar natura nu este nici blîndă, nici nemiloasă. Ea nu este nici pentru, nici împotriva suferinței. Natura nu este interesată, într-un fel sau altul, de suferință, dacă aceasta nu afectează supraviețuirea ADN-ului. Este ușor să ne imaginăm o genă care, să zicem, tranchilizează gazelele cînd suferă din cauza unei mușcături ucigătoare. Ar fi o astfel de genă favorizată de selecția naturală? Numai dacă tranchilizarea gazelei ar mări șansele genei de a fi transmisă la generațiile viitoare. Este greu să ne imaginăm de ce ar trebui să fie așa și de aceea putem să presupunem că gazelele suferă o imensă durere și spaimă atunci cînd sînt împinse spre moarte, așa cum

de fapt se și întîmplă. Cantitatea totală de suferință anuală a lumii vii depășește orice închipuire decentă. În minutul în care am conceput această propoziție, mii de animale erau mîncate de vii, altele alergau să se salveze scîncind înspăimîntate; unele au fost devorate treptat din interior de paraziți sîcîitori; mii de animale din toate speciile erau pe cale să moară de inaniție, sete sau boli. Așa trebuie să fie. Dacă ar exista vreodată o perioadă înfloritoare, aceasta ar determina în mod automat creșterea populației pînă cînd starea naturală de înfometare și mizerie ar fi restabilită.

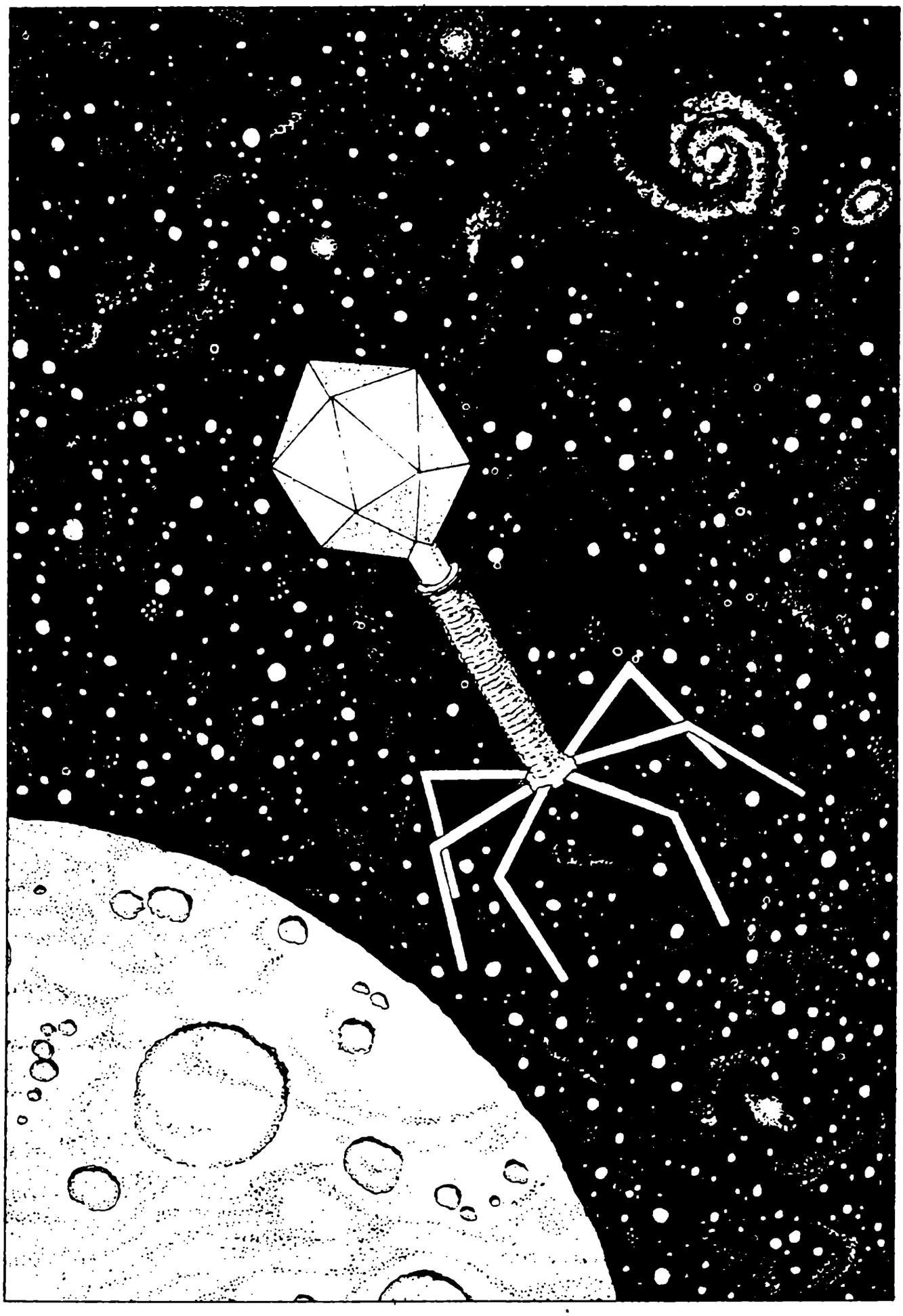
Teologii sînt preocupați de „problema răului" și de o alta înrudită cu aceasta, „problema suferinței". În ziua cînd începusem să scriu acest paragraf, toate ziarele englezești relatau o poveste teribilă despre un autobuz plin cu copii de la o școală romano-catolică și care, fără nici o cauză aparentă, s-a prăbușit omorîndu-i pe toți. Nu era pentru prima dată cînd clerul era cuprins de paroxism după ce citise într-un ziar londonez (*The Sunday Telegraph*) următoarea problemă teologică: „Cum am putea crede într-un Dumnezeu atotputernic și iubitor care îngăduie o asemenea tragedie?" Articolul fusese o replică la cuvintele unui preot: „Răspunsul cel mai simplu este că noi nu știm de ce ar trebui să existe un Dumnezeu care să permită ca astfel de lucruri îngrozitoare să se întîmple. Dar pentru un creștin oroarea accidentului confirmă faptul că noi trăim într-o lume de veritabile valori: pozitive și negative. Dacă întregul univers ar fi fost doar electroni, n-ar mai fi existat nici o problemă a răului sau a suferinței."

Dimpotrivă, dacă universul ar fi fost doar electroni și gene egoiste, tragedii absurde ca cea a prăbușirii

autobuzului ar fi exact ceea ce ne-am aștepta, deopotrivă cu un la fel de fără sens *noroc*. Un astfel de univers nu ar fi nici bun, nici rău în intenții. N-ar manifesta nici un fel de intenții. Într-un univers al forțelor fizice oarbe și al replicării genetice, unii vor suferi, alții vor fi norocoși, și nu veți găsi nici un fel de legătură sau rațiune în toate acestea, nici un fel de dreptate. Universul pe care-l privim ar avea exact proprietățile la care ne-am aștepta, dacă nu există, la urma urmelor, nici un plan, nici o intenție, nici un rău sau nici un bine, nimic altceva decît o indiferență oarbă, nemiloasă. Așa cum a spus nefericitul poet A. E. Housman:

> Natura fără de inimă, fără de minte
> Nici nu știe, nici nu-și face griji.

ADN-ul nici nu știe, nici nu-și face griji. ADN-ul doar există. Și noi dansăm după cum ne cîntă el.



CAPITOLUL V

Bomba replicației

Cele mai multe stele — și soarele nostru este un exemplu tipic — ard constant de mii de milioane de ani. Foarte rar, undeva în galaxie, o stea se aprinde brusc, fără un avertisment evident, într-o supernovă. Într-o perioadă de cîteva săptămîni ea crește în luminozitate de miliarde de ori și apoi se stinge într-o rămășiță întunecoasă. În timpul celor cîteva zile luminoase, ca supernovă, o stea poate radia mai multă energie decît în toate sutele de milioane de ani de existență ca stea obișnuită. Dacă propriul nostru soare „ar deveni supernovă", întregul sistem solar s-ar vaporiza instantaneu. Din fericire acest lucru este foarte improbabil. În galaxia noastră cu o sută de miliarde de stele, astronomii au înregistrat doar trei supernove: în 1054, în 1572 și în 1604. Nebuloasa Racului constituie rămășițele evenimentului din 1054 înregistrat de către astronomii chinezi. (Cînd spun eveniment „din 1054" înțeleg, desigur, știrea despre acel eveniment care a ajuns pe pămînt în 1054. Evenimentul propriu-zis a avut loc cu șase mii de ani mai devreme. Frontul de undă luminoasă provenit de la el

a ajuns la noi în anul 1054.) Din 1604, singurele supernove care au fost văzute erau din alte galaxii.

Există un alt tip de explozie pe care o poate suferi o stea. În loc „să se transforme în supernovă", „se transformă în informație". Explozia începe mai lent decît în cazul supernovei și necesită incomparabil mai mult pînă să se declanşeze. O putem numi o bombă a informației sau, din motive care vor deveni evidente, o bombă a replicației. Ați fi putut detecta o bombă a replicației în primele cîteva miliarde de ani ale acumulării ei numai dacă v-ați fi aflat în imediata ei apropiere. În cele din urmă, manifestări subtile ale exploziei încep să se infiltreze în regiuni mult mai îndepărtate ale spațiului și explozia devine, cel puțin potențial, detectabilă de la mare distanță. Nu știm cum se termină o astfel de explozie. Probabil, în cele din urmă, se stinge asemenea unei supernove, dar noi nu știm pînă la ce punct se dezvoltă. Poate pînă la o catastrofă violentă și autodestructivă. Poate pînă la o emisie, mult mai blîndă și repetată, de obiecte care se mișcă pe o traiectorie mai degrabă controlată decît pe o simplă traiectorie balistică, spre puncte îndepărtate ale spațiului unde ar putea contamina cu aceeași tendință de explozie și alte sisteme solare.

Motivul pentru care știm atît de puțin despre bombele replicației din univers este faptul că am văzut doar un exemplu, iar un singur exemplu din orice fenomen nu este suficient pentru a pune bazele unor generalizări. Povestea unicului nostru caz este în curs de desfășurare. A durat între trei și patru miliarde de ani, și tocmai a atins pragul răspîndirii departe de imediata vecinătate a stelei. Steaua care ne interesează este Sol, o mică stea galbenă așezată aproape de limita

galaxiei noastre, într-unul din brațele ei în formă de spirală. O numim Soare. Explozia a început de fapt pe unul dintre sateliții care descrie o orbită apropiată în jurul soarelui, dar energia care a declanșat explozia vine toată de la soare. Satelitul este, desigur, Pămîntul, și explozia veche de patru miliarde de ani, sau bomba replicației, se numește viață. Noi oamenii reprezentăm manifestarea extrem de importantă a bombei replicației, pentru că prin noi — prin creierele noastre, cultura noastră simbolică și tehnologia noastră — explozia poate înainta în faza următoare reverberînd prin spațiul profund.

Așa cum am spus, bomba replicației noastre este, pînă acum, singura pe care o cunoaștem în univers, dar asta nu înseamnă neapărat că evenimentele de felul acesta sînt mai rare decît supernovele. După cum se știe, supernovele au fost detectate de trei ori în galaxia noastră, dar, după aceea, din cauza imensei cantități de energie eliberată, supernovele se văd mult mai ușor de la mare distanță. Pînă acum cîteva decenii, cînd undele radio produse de om au început să se răspîndească în afara planetei, propria noastră explozie de viață ar fi fost nedetectată de către observatori de pe planete chiar foarte apropiate. Probabil că singura manifestare evidentă a exploziei noastre de viață pînă în timpurile recente ar fi fost Marea Barieră de Corali.

O supernovă este o explozie bruscă și uriașă. Evenimentul care declanșează orice explozie constă în faptul că acumulările cantitative depășesc o valoare critică, după care lucrurile scapă de sub control producînd un efect mult mai amplu decît evenimentul declanșator inițial. Evenimentul care a declanșat

bomba replicației este apariția spontană a entităților autoreplicative și totuși variabile. Motivul pentru care autoreplicarea este un potențial fenomen exploziv este același ca pentru oricare explozie: creșterea exponențială — cu cît ai mai mult, cu atît primești mai mult. Dacă ai un lucru cu capacitatea de a se autoreplica, vei avea curînd două. Apoi fiecare din cele două își face o autocopie și ai pe urmă patru. Apoi opt, apoi șaisprezece, treizeci și două, șaizeci și patru... După numai treizeci de generații ale acestei duplicații, vei avea mai mult de un miliard de obiecte care se duplică. După cincizeci de generații, vor fi o mie de milioane de milioane. După două sute de generații, vor fi un milion de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane. Teoretic. În practică, așa ceva ar fi imposibil, deoarece acest număr este mai mare decît numărul atomilor din univers. Procesul exploziv al autocopierii a trebuit să fie limitat cu mult timp înainte de a atinge două sute de generații neîntrerupte.

Nu avem dovada directă a evenimentului replicației care a declanșat procesul evolutiv pe această planetă. Putem deduce doar că a trebuit să se fi întîmplat datorită exploziei din care și noi sîntem o parte. Nu știm exact cum s-a petrecut evenimentul critic originar, declanșarea autoreplicării, dar putem deduce ce fel de eveniment trebuie să fi fost. A început ca un eveniment chimic.

Chimia este o dramă care se desfășoară pe toate stelele și pe toate planetele. În chimie, actorii sînt atomii și moleculele. Chiar și cei mai rari dintre atomi sînt extrem de numeroși în raport cu standardul de evaluare numerică folosit în mod obișnuit. Isaac

Asimov a calculat că numărul atomilor dintr-un element rar, astatin — 215, în întreaga Americă de Nord și de Sud pînă la o adîncime de zece mile este „doar un trilion". Unitățile fundamentale ale chimiei sînt totdeauna parteneri care se combină pentru a produce o populație mobilă și foarte numeroasă de elemente și mai mari — moleculele. Oricît de numeroase sînt ele, moleculele de un anumit tip — spre deosebire de, să zicem, animalele unei anumite specii sau de viorile Stradivarius — sînt întotdeauna identice. Legile chimice ale mișcării atomilor au făcut ca unele molecule să devină mai numeroase în timp ce altele au devenit mai rare. Un biolog ar fi în mod natural tentat să descrie moleculele a căror populație a devenit mai numeroasă ca „încununate de succes". Dar nu este de nici un folos să cedezi acestei tentații. Succesul, în sensul clar al cuvîntului, este o proprietate care va apărea doar într-o fază mai tîrzie în povestea noastră.

Care a fost atunci acest memorabil eveniment critic care a declanșat explozia vieții? Am spus că a fost apariția entităților autoreplicative, dar am putea considera la fel de bine și apariția fenomenului de ereditate — un proces pe care-l putem eticheta „ce iese din pisică șoareci mănîncă". Acesta nu este ceva ce moleculele manifestă în mod obișnuit. Moleculele de apă, cu toate că mișună în populații gigantice, nu manifestă nimic care să semene cu ereditatea adevărată. În aparență, ai putea crede că seamănă. Populația de molecule de apă (H_2O) crește cînd hidrogenul (H) arde în prezența oxigenului (O). Populația moleculelor de apă descrește cînd apa este separată, prin electroliză, în bule de hidrogen și oxigen. Dar, cu toate că există un fel de dinamică a populației moleculelor de apă,

asta nu este ereditate. Condiția minimă pentru o adevărată ereditate ar trebui să fie existența a cel puțin două feluri distincte de molecule de apă, ambele dînd naștere unor cópii identice cu ele.

Moleculele se dispun uneori în două variante în oglindă. Există două feluri de molecule de glucoză, care conțin atomi identici legați împreună într-un mod identic, exceptînd faptul că moleculele sînt imagini în oglindă. Același lucru este valabil și pentru alte molecule de zahăr și, de asemenea, pentru o mulțime de alte molecule, inclusiv pentru toți aminoacizii importanți. Poate că în acest caz este un prilej pentru „ce iese din pisică șoareci mănîncă" — pentru ereditate chimică. Ar putea oare moleculele dextrogire să producă molecule fiice dextrogire, iar cele levogire să producă molecule fiice levogire? Mai întîi, cîteva informații esențiale despre moleculele cu imagine în oglindă. Fenomenul a fost descoperit de către marele savant francez al secolului XIX Louis Pasteur, care studia cristalele de tartrat, sare a acidului tartric, o substanță importantă din vin. Cristalul este un edificiu solid, destul de mare pentru a fi văzut cu ochiul liber și, în unele cazuri, purtat în jurul gîtului. Se formează atunci cînd atomii sau moleculele, toți de același tip, se așază unele peste altele pentru a forma un corp solid. Nu se dispun haotic, ci într-o rețea cu ordine geometrică bine definită, precum soldații dintr-un regiment de gardă, de aceeași mărime și perfect instruiți. Moleculele care fac deja parte din cristal constituie un tipar pentru adăugarea unor noi molecule care ies din soluția apoasă și se potrivesc exact, astfel încît întregul cristal crește ca o rețea ordonată. Din această cauză cristalele de sare au fațete

pătrate, iar cele de diamant tetraedrice (format de diamant). Cînd fiecare formă acționează ca un tipar pentru construirea altei forme asemănătoare ei, avem o idee vagă despre posibilitatea de autoreplicare. Să revenim acum la cristalele de tartrat ale lui Pasteur. El a observat că, atunci cînd a lăsat un timp o soluție de tartrat în apă, au luat naștere două feluri de cristale care se deosebesc prin faptul că fiecare era imaginea în oglindă a celuilalt. A separat cu greu în două grămezi cele două feluri de cristale. Cînd le-a redizolvat separat, a obținut două soluții diferite, două feluri de tartrat în soluție. Deși cele două soluții se asemănau în cele mai multe privințe, Pasteur a descoperit că ele roteau lumina polarizată în direcții opuse. Acesta este motivul pentru care cele două feluri de molecule au primit nume convenționale de levogire și dextrogire, deoarece ele rotesc lumina polarizată în sens opus acelor de ceasornic și, respectiv, în sensul acelor de ceasornic. După cum ați putea bănui, cînd cele două soluții au fost lăsate încă o dată să cristalizeze, fiecare a produs cristale pure care reprezentau imaginea în oglindă a celeilalte.

Moleculele cu imagine în oglindă se deosebesc prin aceea că, la fel ca pantoful drept și stîng, indiferent cît de mult te străduiești, nu le poți roti astfel încît una să poată fi folosită în locul celeilalte. Soluția inițială a lui Pasteur era o populație mixtă a două tipuri de molecule care, atunci cînd cristalizau, se asociau fiecare cu tipul propriu. Existența a două (sau mai multe) varietăți distincte ale unei entități este o condiție necesară, dar nu și suficientă, pentru ca să existe ereditatea adevărată. Pentru ca la cristale să existe ereditate adevărată, cele levogire și dextrogire ar trebui să se separe în

jumătăți atunci cînd ating o mărime critică, și fiecare jumătate să servească drept tipar pentru a ajunge din nou la dimensiunea întreagă. În aceste condiții am avea într-adevăr o populație în creștere a celor două tipuri de cristale cu simetrie opusă. Am putea cu adevărat să vorbim despre „succes" în populație, deoarece — pentru că ambele tipuri sînt concurente pentru aceiași atomi constitutivi — un tip ar putea deveni mai numeros în detrimentul celuilalt, datorită faptului că este „bun" în procesul de autocopiere. Din păcate, marea majoritate a moleculelor cunoscute nu posedă această proprietate unică a eredității.

Spun „din păcate" deoarece chimiștilor, care încearcă pentru scopuri medicale să facă molecule care sînt toate, să zicem, levogire, le-ar plăcea tare mult să le poată „înmulți". În măsura în care moleculele acționează ca tipare pentru formarea altor molecule, ele o fac în mod normal pentru imaginea lor în oglindă, nu pentru propria lor formă. Asta complică lucrurile, deoarece dacă începeți cu o formă levogiră terminați cu un amestec egal de molecule levogire și dextrogire. Chimiștii implicați în această activitate încearcă să păcălească moleculele „să înmulțească" molecule fiice de același tip. E un truc foarte greu de realizat.

De fapt, deși probabil că nu a implicat capacitatea de rotire, o versiune a acestui truc a fost realizată în mod natural și spontan în urmă cu patru mii de milioane de ani cînd pămîntul apăruse de curînd și cînd explozia care s-a transformat în viață și informație începea. Dar, ca explozia să se poată declanșa, era nevoie de ceva mai mult decît simpla ereditate. Chiar dacă o moleculă manifestă o ereditate reală la formele

sale dextrogire și levogire, nici o competiție între ele nu ar avea consecințe foarte interesante, deoarece ele sînt numai de două feluri. Cîștigarea competiției de către levogire, să zicem, ar însemna sfîrșitul problemei. N-ar mai exista progres.

Moleculele mai mari pot manifesta disponibilități de rotire la nivelul diferitelor părți componente. Antibioticul monensin, de exemplu, are 17 centri de asimetrie. Pentru fiecare din acești 17 centri există o formă levogiră și una dextrogiră. Doi multiplicat cu el însuși de 17 ori înseamnă 131 072, și există, prin urmare, 131 072 de forme distincte ale moleculei. Dacă aceste 131 072 de forme ar poseda proprietatea eredității adevărate, și fiecare ar da naștere numai propriului tip, ar exista o competiție foarte complicată pe măsură ce cei mai încununați de succes membri ai mulțimii de 131 072 s-ar afirma treptat în recensămintele succesive ale populației. Dar chiar și acesta ar fi un tip limitat de ereditate, deoarece 131 072, deși un număr mare, este finit. Pentru o explozie a vieții care să-și merite numele, este necesară ereditatea, dar necesară este și o varietate nedefinită, deschisă.

Cu monensinul, am ajuns la capătul drumului în ce privește ereditatea imaginii în oglindă. Dar rotirea spre stînga și rotirea spre dreapta nu este singurul fel de diferență care s-ar putea preta la copierea ereditară. Julius Rebek și colegii săi de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts sînt chimiști care au luat în serios provocarea de a produce molecule autoreplicative. Variantele exploatate de ei nu sînt de tip imagine în oglindă. Rebek și colaboratorii au luat două mici molecule — numele detaliat nu are importanță, să le numim doar A și B. Cînd A și B sînt

amestecate în soluție, se unesc pentru a forma al treilea compus numit — l-ați ghicit — C. Fiecare moleculă C acționează ca un tipar sau matriță. Moleculele A și B, care plutesc libere în soluție, găsesc singure pozițiile corespunzătoare în tipar. Un A și un B sînt înghesuite potrivindu-se în tipar și astfel se află dispuse corect pentru a da naștere unui C exact ca cel dinainte. Moleculele C nu se alipesc una de alta pentru a forma un cristal, ci se separă. Ambele molecule C sînt acum disponibile ca tipar pentru a face noi molecule C, așa încît populația de molecule C crește exponențial.

Așa cum a fost descris pînă acum, sistemul nu manifestă ereditate adevărată, ci evidențiază continuarea. Molecula B se găsește într-o varietate de forme, fiecare dintre acestea se combină cu A pentru a realiza propria ei versiune a moleculei C. Deci avem C_1, C_2, C_3 și așa mai departe. Fiecare dintre aceste versiuni ale moleculei C servește ca tipar pentru formarea altor molecule C de același tip. Prin urmare, populația de molecule C este eterogenă. În plus, diferite tipuri de C nu sînt toate la fel de eficiente în producerea fiicelor. Așa încît există o competiție între versiunile rivale de C din populația moleculelor C. Mai mult încă, „mutația spontană" a moleculei C poate fi indusă cu ajutorul radiației ultraviolete. Noul tip mutant dovedește că „se înmulțește pur" producînd molecule fiice asemenea lui. În mod satisfăcător, noua variantă a depășit tipul parental și rapid a pus stăpînire pe lumea din eprubetă în care aceste protocreaturi au apărut. Complexul A/B/C nu este singurul set de molecule care se comportă astfel. Mai există D, E și F, pentru a numi doar o tripletă asemănătoare.

Grupul lui Rebek a putut să facă chiar hibrizi autoreplicativi ai elementelor complexului A/B/C și ai complexului D/E/F.

Moleculele care se autocopiază cu adevărat și pe care noi le cunoaștem în natură — acizii nucleici ADN și ARN — au un potențial de variație superior. În timp ce un replicator Rebek este un lanț cu doar două legături, o moleculă de ADN este un lanț cu o lungime nedefinită; fiecare dintre sutele de legături ale lanțului poate fi unul dintre cele patru tipuri existente; și, cînd un segment dat de ADN funcționează ca tipar pentru formarea unei noi molecule de ADN, fiecare dintre cele patru tipuri acționează ca un tipar pentru un anumit tip din cele patru. Cele patru unități cunoscute ca baze sînt compușii adenină, timină, citozină și guanină, în mod convențional redate prin A, T, C și G. Întotdeauna A este model pentru T și viceversa. Întotdeauna G este tipar pentru C și viceversa. Este realizabilă orice ordonare posibilă pentru A, T, C și G și ea va fi duplicată cu succes. În plus, deoarece lanțurile de ADN sînt de lungime nedefinită, gama variației posibile este efectiv infinită. Aceasta este o rețetă posibilă pentru o explozie informațională ale cărei reverberații ar putea în cele din urmă să depășească planeta de origine și să ajungă la stele.

Reverberațiile exploziei replicatorului sistemului nostru solar au fost limitate la planeta de origine pentru cele mai multe din cele patru miliarde de ani de cînd s-a produs. Doar în ultimul milion de ani a apărut un sistem nervos capabil de a inventa o tehnologie radio. Și doar în ultimele decenii acel sistem nervos a dezvoltat de fapt o radiotehnologie. Acum,

un înveliș de unde radio în expansiune bogat în informație înaintează în afară dinspre planetă cu viteza luminii.

Am spus „bogat în informație" deoarece existau deja o mulțime de unde radio care ricoșează în cosmos. Stelele radiază în frecvențele radio, ca și în frecvențele pe care le cunoaștem ca lumină vizibilă. Există chiar unele zgomote de fond ca niște șuierături rămase de la big-bang-ul originar, care a botezat timpul și universul. Dar nu este modelat în mod semnificativ: nu este bogat în informație. Un radioastronom de pe o planetă aflată pe orbita Proximei Centauri ar detecta același șuierat de fond ca și radioastronomii noștri, dar va putea remarca un model cu mult mai complicat de unde radio, care emană din direcția stelei Soare. Acest model ar putea să nu fie recunoscut ca un amestec de programe de televiziune — cu vechimea de patru ani — dar *ar putea* fi recunoscut ca fiind cu mult mai structurat și mai bogat în informații decît șuieratul de fond obișnuit. Radioastronomii centaurieni ar putea raporta, în mijlocul unei emoționante conferințe, că steaua Soare a explodat în echivalentul informațional al unei supernove (ar bănui, dar nu ar putea fi siguri că a fost de fapt o planetă aflată pe orbită în jurul Soarelui).

Bombele replicației, așa cum am văzut, au o desfășurare mult mai lentă decît supernovele. Propriei noastre bombe replicative i-au trebuit cîteva miliarde de ani pentru a ajunge la pragul radio — momentul cînd o parte a informației se revarsă afară din lumea parentală și începe să scalde sistemele stelare învecinate cu impulsuri pline de semnificații. Putem bănui că exploziile informaționale, dacă a noastră este tipică,

trec o serie gradată de praguri. Pragul radio și, înainte de acesta, pragul limbajului apar destul de tîrziu în cariera unei bombe a replicației. Înainte de acestea a fost ceea ce — pe această planetă, cel puțin — poate fi numit pragul celulelor nervoase, iar înainte de acesta a fost pragul pluricelular. Pragul numărul unu, părintele tuturor, a fost pragul replicatorului, evenimentul declanșator care a făcut posibilă întreaga explozie.

Ce este așa de important de spus despre replicator? Cum se poate ca șansa apariției unei molecule cu o proprietate aparent inofensivă de a servi ca tipar pentru sinteza alteia la fel ca ea să constituie declanșatorul unei explozii ale cărei reverberații se pot întinde dincolo de planete? Așa cum am văzut, o parte din puterea replicatorilor constă în creșterea exponențială. Replicatorii manifestă această creștere într-o formă deosebit de clară. Un exemplu simplu este așa-numita scrisoare lanț. Primiți în cutie o carte poștală pe care este scris: „Fă șase cópii ale acestei cărți poștale și trimite-le la șase prieteni în timp de o săptămînă. Dacă nu faci asta te va lovi o vrajă și vei muri în mai puțin de o lună într-o groaznică agonie.“ Dacă ești înțelept o vei arunca. Dar o bună parte din oameni nu sînt așa; ei sînt puțin intrigați sau intimidați de amenințare și trimit șase cópii ale acesteia altor oameni. Din acești șase probabil doi vor fi convinși să o trimită altor șase persoane. Dacă, în medie, unul din trei oameni care primesc cartea poștală se supune instrucțiunilor ei, numărul cărților poștale în circulație se va dubla în fiecare săptămînă. Teoretic, asta înseamnă că după un an numărul cărților poștale în circulație va fi de doi la puterea cincizeci și doi, sau în

jur de patru mii de trilioane. Suficiente cărți poștale pentru a acoperi fiecare bărbat, femeie și copil din lume.

Dacă nu este controlată prin lipsa unor resurse, creșterea exponențială duce la început la obținerea unor rezultate fabuloase într-un timp surprinzător de scurt. În practică, resursele sînt limitate și alți factori contribuie de asemenea la reducerea creșterii exponențiale. În exemplul nostru ipotetic, indivizii vor începe probabil să ignore aceeași scrisoare lanț revenită la ei pentru a doua oară. În competiția pentru resurse, pot apărea variante ale replicatorului care să fie întîmplător mai eficiente în realizarea duplicatelor. Acești replicatori mai eficienți vor tinde să înlocuiască rivalii lor mai puțin eficienți. Este important să înțelegem că nici una din aceste entități care se replică nu este interesată în mod conștient în realizarea duplicității. Dar s-a întîmplat ca lumea să devină saturată cu replicatori care sînt mult mai eficienți.

În cazul scrisorii lanț, a fi eficient poate consta în acumularea unei colecții mai bune de cuvinte pe hîrtie. În locul unor afirmații oarecum neplauzibile de felul „dacă nu te supui cuvintelor din cartea poștală vei muri în mai puțin de o lună într-o agonie teribilă", mesajul ar putea fi: „Te rog, te implor, salvează-ți sufletul și pe al meu, nu-ți asuma riscul: dacă ai cea mai mică îndoială ascultă-mi sfaturile și trimite scrisoarea altor șase oameni." Astfel de „mutații" se pot produce mereu, iar rezultatul va fi pînă la urmă o populație eterogenă de mesaje, toate în circulație, toate descinzînd din același strămoș original, dar deosebindu-se în formularea amănunțită și în puterea și natura amabilităților pe care le folosesc. Variantele

care au mai mult succes vor fi mai frecvente în detrimentul rivalelor mai puțin norocoase. Succesul este sinonim cu frecvența în circulație. „Scrisoarea Sf. Iuda" este un exemplu binecunoscut de astfel de succes; a călătorit în jurul lumii de mai multe ori, proces aflat probabil în creștere. Cînd scriam această carte, mi-a fost trimisă următoarea versiune de către dr. Oliver Goodenough, de la Universitatea din Vermont, și am scris împreună un articol despre ea, pentru revista *Nature*, prezentînd-o ca pe un „virus al minții":

„CU DRAGOSTE TOATE LUCRURILE SÎNT POSIBILE" Această hîrtie ți-a fost trimisă pentru a-ți aduce norocul. Originalul se află în New England. A fost trimisă în jurul lumii de nouă ori. Ți-a fost trimis Norocul. Vei primi norocul în mai puțin de patru zile de la data sosirii acestei scrisori, timp în care trebuie să o retrimiți. Nu este o glumă. Norocul îți va veni prin poștă. Nu trimite bani. Trimite cópii oamenilor care crezi că au nevoie de noroc. Nu trimite bani pentru că credința nu are preț. Nu păstra această scrisoare. Ea trebuie să plece de la tine în mai puțin de 96 de ore. Joe Elliott, un ofițer A.R.P. a primit 40 000 000 de dolari. Geo Welch și-a pierdut soția la cinci zile după primirea scrisorii. A împiedicat circulația scrisorii. Totuși, înainte de moartea ei, a primit 75 000 de dolari. Te rog să trimiți cópii și să vezi ce se întîmplă după patru zile. Scrisoarea lanț vine din Venezuela și a fost scrisă de către Saul Anthony Degnas, un misionar din America de Sud. De atunci, copia trebuie să înconjoare lumea. Trebuie să faci 20 de cópii și să le trimiți prietenilor și asociaților și peste cîteva zile vei primi o surpriză. Chiar dacă nu ești superstițios aceasta este dragoste. *Reține* următoarele: Cantonare Dias a primit această

scrisoare în 1903. El i-a cerut secretarei să-i facă cópii și să le trimită. Cîteva zile mai tîrziu a cîștigat la loterie 20 000 000 de dolari. Carl Dobbit, un funcționar, a primit scrisoarea și a uitat că trebuie să o trimită mai departe în mai puțin de 96 de ore. El și-a pierdut slujba. După ce a regăsit-o, a făcut cópii și a trimis 20. Cîteva zile mai tîrziu a obținut din nou o slujbă mai bună. Dolan Fairchild, necrezînd, a aruncat-o. 9 zile mai tîrziu a murit. În 1987, scrisoarea a fost primită de o tînără femeie din California. Era decolorată și greu de citit. Și-a promis că o va rescrie la mașină și o va trimite. Dar a pus-o deoparte ca să facă asta mai tîrziu. Ea a avut tot felul de probleme, inclusiv probleme costisitoare cu mașina. Această scrisoare nu a fost trimisă în 96 de ore. Într-un tîrziu ea a rebătut scrisoarea așa cum promisese și a primit o mașină nouă. Adu-ți aminte să nu trimiți bani. Nu ignora aceasta — merge.

Sf. Iuda

Acest document absurd are toate semnele evoluției datorate unui anumit număr de mutații. Există numeroase erori și imperfecțiuni și ele sînt cunoscute și în alte versiuni care circulă. Cîteva versiuni foarte diferite mi-au fost trimise din toată lumea de cînd am publicat articolul din *Nature*. Într-unul din aceste texte alternative, „ofițerul A.R.P." este un „ofițer R.A.F.". Scrisoarea St. Jude este binecunoscută serviciului poștal din Statele Unite care relatează că este reexpediată înainte ca înregistrările oficiale să fi început și manifestă izbucniri epidemice periodic.

Rețineți că lista pretinsului noroc de care s-au bucurat cei care s-au supus regulilor și a dezastrelor care s-au întîmplat celor care au refuzat nu putea să fi fost scrisă de către victime sau beneficiari. Beneficia-

rii pretinsului noroc nu au fost loviți de acesta decît după ce au trimis scrisoarea mai departe. Și victimele nu au trimis scrisoarea. Aceste povești au fost după cum se pare inventate — așa cum oricine ar putea să presupună din conținutul lor neplauzibil. Acest fapt ne conduce la principalul aspect prin care scrisorile lanț diferă de replicatorii naturali care au inițiat explozia vieții. Scrisorile lanț sînt puse în circulație de oameni, iar schimbările în modul de formulare apar în mintea lor. La începutul exploziei vieții nu existau minți, nici creativitate și nici intenții. Exista doar chimia. Cu toate acestea, o dată ce substanțele chimice autoreplicative au avut șansa să apară, ar fi existat probabil o tendință automată de creștere a frecvenței variantelor cu mai mult succes pe seama variantelor cu mai puțin succes.

Ca și în cazul scrisorilor lanț, succesul printre replicatorii chimici este pur și simplu sinonim cu frecvența în circulație. Dar asta este doar o definiție: aproape o tautologie. Succesul se cîștigă prin competență practică, iar competența înseamnă ceva concret și nu tautologie. O moleculă replicativă cu succes va fi una care, din motive de structură chimică detaliată, are ceea ce îi trebuie pentru a se duplica. Ceea ce în practică înseamnă că poate să fie infinit variabilă, chiar dacă natura replicatorilor poate părea surprinzător de uniformă.

ADN-ul este atît de uniform pentru că el constă în întregime din variații ale acelorași patru „litere“ — A, T, C și G. Prin comparație, așa cum am văzut în capitolele anterioare, mijloacele folosite de secvențele ADN pentru a se autoreplica sînt tulburător de variate. Ele includ construirea de inimi mai eficiente

pentru hipopotami, picioare mai sprintene pentru purici, aripi mult mai suple, aerodinamice pentru lăstunii de mare, vezici înotătoare mai bune pentru plutire la pești. Toate organele și părțile componente ale animalelor; rădăcinile, frunzele și florile plantelor; toți ochii, creierele și mințile, și chiar spaimele și speranțele sînt instrumente prin care secvențele ADN încununate de succes se aruncă ele însele în viitor. Instrumentele sînt aproape infinit de variate, dar rețetele pentru construirea lor sînt, dimpotrivă, ridicol de uniforme. Doar permutări după permutări ale A, T, C, G.

E posibil să nu fi fost totdeauna așa. Nu avem dovada că, atunci cînd a început explozia informațională, codul primordial a fost scris în literele ADN-ului. Într-adevăr, întreaga tehnologie informatică bazată pe ADN/proteine este atît de sofisticată — tehnologie înaltă, cum a fost ea denumită de chimistul Graham Cairns-Smith — încît cu greu v-ați putea imagina că a apărut la întîmplare, fără alte cîteva sisteme replicative precursor. Precursorul ar fi putut să fie ARN; sau ar fi putut să fie ceva asemănător moleculelor simple autoreplicative ale lui Julius Rebek; sau ar fi putut să fie ceva foarte diferit: o posibilitate incitantă, pe care am dezbătut-o în detaliu în *The Blind Watchmaker*, este părerea lui Cairns-Smith (vezi în *Seven Clues to the Origin of Life*) despre cristalele de argilă anorganice ca replicatori primordiali. S-ar putea să nu știm niciodată cu siguranță.

Tot ce putem face este să ne imaginăm o cronologie generală a exploziei vieții pe orice planetă, oriunde în univers. Amănuntele despre modul cum se va desfășura depind de condițiile locale. Sistemul ADN/pro-

teine nu ar funcționa într-o lume înghețată de amoniac lichid, dar probabil un alt sistem ereditar și embriologic ar putea funcționa. În orice caz, acestea reprezintă detalii pe care vreau să le ignor, deoarece vreau să mă axez pe principiile independente de planetă ale rețetei generale. Voi parcurge acum mult mai sistematic lista pragurilor pe care orice bombă de replicație planetară este de așteptat să le treacă. Unele dintre acestea sînt probabil universal valabile. Altele pot fi specifice numai planetei noastre. Poate să nu fie întotdeauna ușor să decizi care sînt probabil universale și care sînt locale, și această problemă este interesantă în sine.

Pragul 1 este, desigur, Pragul Replicatorului însuși: apariția unui anumit tip de sistem autocopiator în care există cel puțin o formă rudimentară de variație ereditară, cu greșeli ocazionale, întîmplătoare în copiere. Consecința depășirii Pragului 1 este că planeta începe să conțină o populație mixtă, în care variantele concurează pentru resurse. Acestea vor fi suficiente — sau vor deveni insuficiente cînd concurența va fi mai aprigă. Unele replici cu variații reușesc să fie relativ cîștigătoare în competiția pentru resursele insuficiente. Altele vor fi relativ necîștigătoare. Așa că acum avem o formă de bază a selecției naturale.

Pentru început, succesul replicatorilor rivali va fi apreciat exclusiv în funcție de proprietățile lor directe — de exemplu, cît de potrivită este forma lor ca tipar. Dar acum, după multe generații de evoluție, trecem la pragul 2, Pragul Fenotipului. Replicatorii supraviețuiesc nu numai datorită propriilor lor însușiri, ci și datorită efectelor cauzale asupra unei alte entități, pe care o numim fenotip. Pe planeta noastră, fenotipu-

rile sînt ușor de recunoscut: sînt acele părți componente ale corpurilor plantelor și animalelor pe care genele le pot influența. Aceasta înseamnă mulțimea tuturor părților corpurilor. Gîndiți-vă la fenotipuri ca la niște pîrghii cu care replicatorii cîștigători își croiesc drumul spre următoarea generație. Într-un mod mai general, fenotipurile pot fi definite ca fiind efecte ale replicatorilor care influențează succesul lor, dar care nu sînt ele însele replicate. De exemplu, există o specie de melci într-o insulă a Pacificului care posedă o genă ce determină felul răsucirii cochiliei, spre stînga sau spre dreapta. Molecula de ADN însăși nu este răsucită la stînga sau la dreapta, ci numai efectul ei fenotipic. Cochiliile răsucite spre dreapta sau stînga probabil că nu vor oferi șanse egale în asigurarea protecției exterioare a corpurilor melcilor. Deoarece genele melcilor călătoresc în interiorul cochiliilor a căror formă ele o influențează, genele care fac cochilii reușite vor ajunge să depășească numeric genele care fac cochilii nereușite. Cochiliile, fiind fenotipuri, nu nasc cochilii fiice. Fiecare cochilie este făcută de ADN, și ADN-ul este cel care naște ADN.

Secvențele de ADN influențează fenotipurile lor (ca direcția de răsucire a cochiliilor) printr-un lanț mai mult sau mai puțin complicat de evenimente intermediare, toate adunate sub numele generic de „embriologie". Pe planeta noastră, prima verigă a lanțului este întotdeauna sinteza unei molecule proteice. Fiecare detaliu al moleculei proteice este precis determinat, prin intermediul faimosului cod genetic, prin modul de aranjare a celor patru tipuri de litere din ADN. Dar e foarte probabil ca aceste detalii să fie doar de importanță locală. Mai general, o planetă va

ajunge să posede replicatorii ale căror consecințe (fenotipuri) au efecte benefice, prin orice mijloace, asupra succesului replicatorilor de a fi copiați. O dată ce a fost depășit Pragul Fenotipic, replicatorii supraviețuiesc prin împuterniciți, consecințele lor asupra lumii. Pe planeta noastră, aceste consecințe sînt de obicei limitate la corpul în care gena este localizată. Dar nu-i neapărat necesar să fie așa. Doctrina Fenotipului Extins (căreia i-am dedicat o întreagă carte cu acest titlu) stabilește că pîrghiile fenotipice, prin care replicatorii își făuresc supraviețuirea pe termen lung, nu trebuie să fie limitate la „propriul" corp al replicatorilor. Genele pot ajunge în afara corpurilor specifice, influențînd lumea la scară mare, inclusiv alte corpuri.

Nu știu cît de universal poate fi Pragul Fenotipic. Presupun că va fi fost trecut pe toate acele planete unde explozia vieții a depășit o etapă foarte rudimentară. Și presupun că același lucru este valabil și pentru următorul prag de pe lista mea. Acesta este Pragul 3, Pragul Replicatorului de Echipă, care pe unele planete este posibil să fi fost trecut înainte, sau în același timp, cu Pragul Fenotipic. La începuturi, replicatorii sînt probabil entități autonome care mișună împreună cu replicatorii rivali izolați în cursul superior al rîului genetic. Dar pe pămînt este o caracteristică a sistemului nostru modern de tehnologie informatică ADN/proteine ca o genă să nu poată funcționa izolat. Lumea chimică în care o genă trebuie să funcționeze nu este cea a mediului extern neajutat chimic. Sigur, acesta formează fundalul, dar este numai un cadru îndepărtat. Lumea chimică necesară în mod vital și imediat, în care replicatorul ADN ființează, este mult

mai mică, un sac mult mai concentrat de substanțe chimice — celula. Într-un fel, este greșit să-i spunem așa, deoarece multe celule au o structură internă foarte complicată, cu membrane pliate pe care, în care și între care se desfășoară reacțiile chimice vitale. Microcosmosul chimic care este celula este ansamblat de către un consorțiu de sute — sute de mii în celulele evoluate — de gene. Fiecare genă își aduce o contribuție la constituirea mediului înconjurător, pe care apoi toate îl exploatează pentru a supraviețui. Genele lucrează în echipe. Am văzut acest lucru dintr-un unghi ușor diferit în capitolul I.

Cele mai simple sisteme autonome — de copiere — ADN de pe planeta noastră sînt celulele bacteriene, și ele au nevoie de cel puțin cîteva sute de gene pentru a sintetiza componentele necesare. Celulele care nu sînt bacterii sînt numite celule eucariote. Propriile noastre celule, și cele ale tuturor animalelor, plantelor, ciupercilor și protozoarelor, sînt celule eucariote. Ele posedă zeci sau sute de mii de gene, toate funcționînd ca o echipă. Așa cum am văzut în capitolul II, pare probabil că însăși celula eucariotă a început ca o echipă de jumătate de duzină, sau cam așa ceva, de celule bacteriene care s-au asociat. Este o formă superioară de organizare a unei echipe și nu despre aceasta intenționez să vorbesc aici. Vorbesc despre faptul că toate genele funcționează într-un mediu chimic realizat de un consorțiu de gene în celulă.

O dată ce am atins problema genelor care lucrează în echipă, este evident tentant să avansăm presupunerea că în zilele noastre selecția darwinistă alege între echipele de gene rivale — să presupunem că selecția a trecut la nivele mai înalte de organizare. Tentant, dar

din punctul meu de vedere complet greșit. Mai clar, se poate spune că selecția darwinistă încă alege între genele rivale, dar genele care sînt favorizate sînt acelea care prosperă *în prezența altor gene* care sînt simultan favorizate una de prezența celeilalte. Aceasta este o problemă pe care am întîlnit-o în capitolul I, unde am văzut că genele care împart aceeași ramificație a rîului digital tind să devină „buni companioni".

Probabil că următorul prag major care ar trebui trecut de o bombă a replicației, atunci cînd a făcut acumulări importante, este Pragul Pluricelular, pe care-l vom numi Pragul 4. Așa cum am văzut, în forma noastră de viață, orice celulă este un mic lac local de substanțe chimice în care se scaldă o echipă de gene. Deși conține întreaga echipă, el este realizat doar de o parte a acesteia. Acum, celulele însele se multiplică prin scindarea în jumătate, fiecare dintre ele crescînd din nou pînă la dimensiunea completă. Cînd se întîmplă acest lucru, toți membrii echipei de gene sînt duplicați. Dacă două celule nu se separă integral ci rămîn atașate, se pot forma edificii mari, cu celulele jucînd rolul unor cărămizi. Abilitatea de a forma edificii pluricelulare poate fi la fel de importantă și în alte lumi ca și în a noastră. După ce a fost depășit Pragul Pluricelular, pot apărea fenotipuri ale căror forme și funcții sînt apreciate la o scară mult mai mare comparativ cu cea a unei singure celule. Un corn de cerb sau o frunză, cristalinul unui ochi sau cochilia unui melc — toate aceste forme sînt alcătuite din celule, dar celulele nu sînt versiuni miniaturale ale formei mari. Cu alte cuvinte, organele pluricelulare nu cresc la fel ca și cristalele. Pe planeta noastră, cel puțin, ele cresc asemănător clădirilor, care, la urma

urmei, nu reprezintă forma unor cărămizi supradimensionate. O mînă are o formă caracteristică, dar ea nu este făcută din celule în formă de mînă, așa cum s-ar întîmpla dacă fenotipurile ar crește asemănător cristalelor. Asemănător clădirilor, organele pluricelulare dobîndesc formele și mărimile lor caracteristice deoarece straturile de celule (cărămizi) se conformează unor instrucțiuni referitoare la momentul stopării creșterii. Celulele trebuie, de asemenea, într-un anumit fel, să știe locul unde se așază în raport cu celelalte celule. Celulele hepatice se comportă ca și cum ar ști că sînt celule hepatice și mai știu dacă aparțin lobului de la margine sau din mijloc. Cum fac asta e o problemă dificilă și mult studiată. Răspunsurile sînt probabil specifice planetei noastre și nu le voi analiza aici. M-am referit deja la ele în capitolul I. Indiferent de detaliile lor, metodele au fost perfecționate prin intermediul aceluiași proces general, exact ca și toate celelalte îmbunătățiri din viață: supraviețuirea neîntîmplătoare a genelor cu succes apreciate după efectele lor — în acest caz, efectele asupra comportării celulelor în raport cu celulele vecine.

Următorul prag major pe care vreau să-l menționez, deoarece presupun că are o semnificație mult mai mare decît una planetară locală, este Pragul Procesării Rapide a Informațiilor. Pe planeta noastră, acest Prag 5 este îndeplinit de o clasă de celule speciale numite neuroni sau celule nervoase, și am putea să-l numim, pe plan local, Pragul Sistemului Nervos. Cu toate că ar putea fi realizat numai pe o planetă, el este important deoarece, acum, acțiunile pot fi întreprinse la o scară a timpului mult mai rapidă decît aceea pe care genele, cu pîrghiile lor chimice, o pot realiza direct. Prădătorii pot sări asupra cinei lor, și

victimele își pot salva viețile folosindu-și aparatele muscular și nervos care acționează și reacționează la viteze incomparabil mai mari decît vitezele origami-ului embriologic cu care genele asamblează aparatele în prima fază. Vitezele absolute și timpii de reacție pot fi foarte diferite pe alte planete, dar pe oricare altă planetă un prag important este trecut atunci cînd mecanismele construite de către replicatori încep să aibă timpi de reacție al căror ordin de mărime este mai mic decît al mașinăriilor embriologice ale replicatorilor înșiși. Este mai puțin sigur dacă mecanismele se vor asemăna cu lucrurile pe care noi pe această planetă le numim neuroni sau celule musculare. Dar, pe acele planete unde a fost depășit un prag echivalent cu cel al sistemului nervos, este posibil să apară consecințe importante, suplimentare, iar bomba replicației își va continua călătoria spre exterior.

Printre aceste consecințe pot fi marile agregări de unități de prelucrare a datelor — „creiere“ — capabile să proceseze modele complexe de date percepute prin „organe de simț“ și capabile să stocheze înregistrările acestora în „memorie“. O consecință mai complicată și misterioasă a depășirii pragului celulei nervoase este realizarea conștiinței, și-l vom numi Pragul 6, Pragul Conștiinței. Nu știm cît de des a fost realizat pe planeta noastră. Unii filozofi consideră că este legat în mod fundamental de limbaj, care se pare că a fost realizat doar o singură dată de speciile bipede de maimuțe *Homo sapiens.* Indiferent dacă conștiința solicită sau nu limbajul, se recunoaște Pragul Limbajului, ca unul major, Pragul 7, care poate fi sau nu traversat pe o planetă. Detaliile limbajului, ca de exemplu dacă este transmis prin sunete sau alte medii fizice, trebuie considerate de importanță locală.

Limbajul, din acest punct de vedere, este un sistem de lucru în rețea prin care creierele (așa cum sînt numite pe această planetă) schimbă informații suficient de intim pentru a permite dezvoltarea unei tehnologii cooperative. Tehnologia cooperativă, începînd cu dezvoltarea imitativă a uneltelor de piatră și continuînd prin epocile prelucrării metalelor, vehiculelor tractate, puterii aburului și acum a electronicii, are multe din atributele unei explozii în sine, și, prin urmare, începutul ei servește ca titlu, Pragului Tehnologiei Cooperative sau Pragul 8. Într-adevăr, cultura umană este posibil să fi hrănit o bombă replicativă nouă, originală, cu un nou fel de entitate autoreplicativă — „meme", cum am denumit-o în *The Selfish Gene* — care se înmulțește și darwinizează într-un rîu al culturii. Poate există o bombă meme, lansată acum, în paralel cu bomba genică, ce a stabilit mai devreme creierul/condițiile culturale care au făcut posibilă lansarea. Dar acesta, din nou, este un subiect prea mare pentru capitolul de față. Trebuie să revin la tema principală a exploziei planetare și să menționez că, o dată ce a fost atinsă faza tehnologiei cooperative, este foarte probabil ca undeva de-a lungul drumului să se fi realizat puterea care să aibă un impact în afara planetei de origine. Pragul 9, Pragul Radio, este trecut, și acum devine posibil pentru observatorii externi să constate că un sistem solar a explodat de curînd ca o bombă replicativă.

Prima bănuială pe care observatorii externi o vor avea, așa cum am văzut, va fi probabil legată de existența undelor radio care se revarsă spre exterior ca produs secundar al comunicațiilor din interiorul planetei noastre. Mai tîrziu, moștenitorii tehnologiei bombei replicative ar putea să-și îndrepte în mod

intenționat atenția în afară, spre stele. Primii noștri pași șovăielnici în această direcție au inclus trimiterea în spațiu a unor mesaje special elaborate pentru inteligențe străine. Cum poți concepe mesaje pentru inteligențe despre a căror natură nu ai nici o idee? Evident, este dificil și foarte posibil ca eforturile noastre să fie greșit direcționate.

Cea mai mare atenție a fost acordată convingerii observatorilor străini că noi existăm, mai degrabă decît să le trimitem mesaje cu un conținut substanțial. Această sarcină este similară celei cu care s-a confruntat ipoteticul profesor Crickson în capitolul I. El a transmis numerele prime în codul ADN, și o metodă asemănătoare folosind undele radio ar fi un mod înțelept de a semnala prezența noastră altor lumi. Muzica poate părea o reclamă mai bună pentru specia umană și, chiar dacă auditoriului îi lipsesc urechile, ar putea aprecia-o în felul lui propriu. Faimosul savant și scriitor Lewis Thomas a sugerat să difuzăm Bach, numai Bach și nimic altceva decît Bach, cu toate că s-a temut că ar putea fi interpretată ca o fanfaronadă. Totuși și muzica ar putea fi înțeleasă greșit de o minte străină, din cauza emisiilor ritmice a unui pulsar. Pulsarii sînt stele care produc pulsații ritmice ale undelor radio la intervale de cîteva secunde sau mai puțin. Cînd au fost descoperiți de un grup de radioastronomi din Cambridge în 1967, a existat o clipă de emoție deoarece oamenii s-au întrebat dacă semnalele ar putea fi un mesaj din spațiu. Dar s-a înțeles curînd că o explicație mult mai acceptabilă era că o stea mică se rotea extrem de rapid generînd în jur o rază de unde radio ca un far. Pînă acum, nici o informație autentificată din afara planetei noastre nu a fost recepționată vreodată.

După undele radio, singurul pas mai departe pe care l-am imaginat către progresul spre exterior al propriei noastre explozii este călătoria în mod fizic prin spațiu: Pragul 10, Pragul Călătoriei Spațiale. Autorii de science-fiction au visat la proliferarea interstelară a coloniilor fiice umane sau a creațiilor lor robotizate. Aceste colonii fiice ar putea fi privite ca însămînțări sau contaminări ale unor noi saci de informație autoreplicativă, saci care ulterior se pot dezvolta din nou exploziv, spre exterior, în bombe replicative satelit, emițînd atît gene cît și meme. Dacă această viziune se va împlini vreodată, probabil că nu este o îndrăzneală prea mare să ne imaginăm un viitor Cristopher Marlowe care se întoarce la metafora rîului digital: „Privește, privește, departe pe boltă, firul vieții curgînd!"

Pînă acum, abia am făcut primul pas spre exterior. Am fost pe lună, dar oricît de magnifică este această realizare, luna, deși nu este o tigvă, este atît de aproape, din punctul de vedere al străinilor cu care am putea eventual comunica, încît abia poate fi considerată o călătorie. Am trimis cîteva capsule spațiale, fără oameni la bord, în adîncurile cosmosului, într-o călătorie fără sfîrșit. Una dintre ele duce cu sine un mesaj datorat imaginației astronomului american Carl Sagan, destinat spre a fi descifrat de orice inteligență care ar putea să-l descopere întîmplător. Mesajul este completat cu un portret al speciei care l-a creat, imaginea nudurilor unui bărbat și al unei femei.

Aceasta pare să ne aducă din nou, închizînd cercul, la miturile ancestrale cu care am început. Dar acest cuplu nu este Adam și Eva, iar mesajul gravat sub formele lor grațioase este un testament al exploziei vieții noastre mult mai valoros decît orice stă scris în Geneză. Placa,

printr-un limbaj iconic universal inteligibil, înregistrează propria geneză a celei de a treia planete a unei stele ale cărei coordonate în galaxie sînt menționate cu precizie. Mesajul nostru de acreditare constă mai departe în cîteva reprezentări iconice ale principiilor fundamentale ale chimiei și matematicii. Dacă această capsulă va fi vreodată găsită de niște ființe inteligente, ele vor credita civilizația care a produs-o cu ceva mai mult decît o superstiție tribală primitivă. Dincolo de genunea spațiului, ei vor ști că a existat cu mult timp în urmă, o altă explozie a vieții, care a culminat cu o civilizație cu care ar fi meritat să stea de vorbă.

Din păcate, șansa acestei capsule de a trece la un parsec de altă bombă replicativă este extrem de mică. Unii comentatori cred că valoarea ei este de a da speranțe celor de acasă. O statuie a unui bărbat gol și a unei femei goale, cu mîinile ridicate într-un gest de pace, în mod deliberat trimiși într-o călătorie cosmică eternă, printre stele, primul fruct exportat al cunoașterii exploziei propriei noastre vieți — cu siguranță contemplarea acestora ar putea avea unele efecte benefice asupra măruntei noastre conștiințe provinciale; iată unele ecouri ale impactului poetic al statuii lui Newton de la Colegiul Trinity, din Cambridge, asupra uriașei conștiințe a lui William Wordsworth:

Și de pe perna mea, privind afară, luminat
De lună sau de stele binevoitoare, putem zări
Capela-n care se-nălța statuia lui Newton
Cu liniștită față și drepte linii,
Simbol în marmură al unei minți
Călătorind de-a pururi pe straniile mări
ale Gîndirii, solitar.

BIBLIOGRAFIE ȘI LECTURI SUPLIMENTARE

Cu puține excepții, am preferat să limitez această listă la cărți ușor accesibile, evitînd să mă refer la lucrări tehnice care pot fi găsite numai în bibliotecile universităților.

Bodmer, Walter, and Robin McKie, *The Book of Man: The Human Genome Project and the Quest to Discover Our Genetic Heritage* (New York: Scribners, 1995).

Bonner, John Tyler, *Life Cycles: Reflections of Evolutionary Biologist* (Princeton: Princeton University Press, 1993).

Cain, Arthur J., *Animal Species and Their Evolution* (New York: Harper Torchbooks, 1960).

Cairns-Smith, A. Graham, *Seven Clues to the Origin of Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985).

Cherfas, Jeremy, and John Gribbin, *The Redundant Male: Is Sex Irrelevant in the Modern World?* (New York: Pantheon, 1984).

Clarke, Arthur C., *Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible* (New York: Holt, Rinehart & Winston, 1984).

Crick, Francis, *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery* (New York: Basic Books, 1988).

Cronin, Helena, *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today* (New York: Cambridge University Press, 1991).

Darwin, Charles, *The Origin of Species* (New York: Penguin, 1985).

———, *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects* (London: John Murray, 1882).

Dawkins, Richard, *The Extended Phenotype* (New York: Oxford University Press, 1989).

———, *The Blind Watchmaker* (New York: W. W. Norton, 1986).

———, *The Selfish Gene*, new ed. (New York: Oxford University Press, 1989).

Dennett, Daniel C., *Darwin's Dangerous Idea* (New York: Simon & Schuster, 1995).

Drexler, K. Eric, *Engines of Creation* (Garden City, N.Y.: Anchor Press/Doubleday, 1986).

Durant, John R., ed. *Human Origins* (Oxford: Oxford University Press, 1989).

Fabre, Jean-Henri, *Insects*, David Black, ed. (New York: Scribners, 1979).

Fisher, Ronald A., *The Genetical Theory of Natural Selection*, 2d. rev. ed. (New York: Dover, 1958).

Frisch, Karl von, *The Dance Language and Orientation of Bees*, Leigh E. Chadwick, trans. (Cambridge: Harvard University Press, 1967).

Gould, James L., and Carol G. Gould, *The Honey Bee* (New York: Scientific American library, 1988).

Gould, Stephen J., *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* (New York: W. W. Norton, 1989).

Gribbin, John, and Jeremy Cherfas, *The Monkey Puzzle: Reshaping the Evolutionary Tree* (New York: Pantheon, 1982).

Hein, Piet, with Jens Arup, *Grooks* (Garden City, N.Y.: Doubleday, 1969).

Hippel, Arndt von, *Human Evolutionary Biology* (Anchorage: Stone Age Press, 1994).

Humphrey, Nicholas K., *Consciousness Regained* (Oxford: Oxford University Press, 1983).

Jones, Steve, Robert Martin and David Pilbeam, eds., *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution* (New York: Cambridge University Press, 1992).

Kingdon, Jonathan, *Self-made Man: Human Evolution from Eden to Extinction?* (New York: Wiley, 1993).

Macdonald, Ken C., and Bruce P. Luyendyk, „The Crest of the East Pacific Rise," *Scientific American*, May 1981, pp. 100–116.

Manning, Aubrey, and Marian S. Dawkins, *An Introduction to Animal Behaviour*, 4th ed. (New York: Cambridge University Press, 1992).

Margulis, Lynn, and Dorion Sagan, *Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution* (New York: Simon & Schuster, 1986).

Maynard Smith, John, *The Theory of Evolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1993).

Meeuse, Bastiaan, and Sean Morris, *The Sex Life of Plants* (London: Faber & Faber, 1984).

Monod, Jacques, *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*, Austryn Wainhouse, trans. (New York: Knopf, 1971).

Nesse, Randolph, and George C. Williams, *Why We Get Sick: The New Theory of Darwinian Medicine* (New York: Random House, 1995).

Nilsson, Daniel E., and Susanne Pelger, „A Pessimistic Estimate of the Time Required for an Eye to Evolve", *Proceedings of the Royal Society of London, B* (1994).

Owen, Denis, *Camouflage and Mimicry* (Chicago: University of Chicago Press, 1982).

Pinker, Steven, *The Language Instinct: The New Science of Language and the Mind* (New York: Morrow, 1994).

Ridley, Mark, *Evolution* (Boston: Blackwell Scientific, 1993).

Ridley, Matt, *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature* (New York: Macmillan, 1994).

Sagan, Carl, *Cosmos* (New York: Random House, 1980).

———, and Ann Druyan, *Shadows of Forgotten Ancestors* (New York: Random House, 1992).

Tinbergen, Niko, *The Herring Gull's World* (New York: Harper & Row, 1960).

———, *Curious Naturalists* (London: Penguin, 1974).

Trivers, Robert, *Social Evolution* (Menlo Park, Calif.: Benjamin-Cummings, 1985).

Watson, James D., *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Atheneum, 1968).

Weiner, Jonathan, *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time* (New York: Knopf, 1994).

Wickler, Wolfgang, *Mimicry in Plants and Animals,* R. D. Martin, trans. (New York: McGraw-Hill, 1968).

Williams, George C., *Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges* (New York: Oxford University Press, 1992).

Wilson, Edward O., *The Diversity of Life* (Cambridge: Harvard University Press, 1992).

Wolpert, Lewis, *The Triumph of the Embryo* (New York: Oxford University Press, 1992).

CUPRINS

Prefață 9

1. Rîul digital 13
2. Întreaga Africă și progeniturile ei 45
3. Fă binele pe ascuns 75
4. Funcția utilitatră a Divinității 113
5. Bomba replicației 157

Bibliografie și lecturi suplimentare 187

Culegere și paginare
HUMANITAS

Tiparul executat sub comanda 60 008
Pregătirea formei și imprimarea
R.A.I. „Coresi"
Piața Presei Libere, 1, București
ROMÂNIA

SCIENCE MASTERS

Seria SCIENCE MASTERS, publicată simultan în peste 25 de limbi, va cuprinde 12 cărți de difuzare a informației științifice într-o formă atractivă, accesibilă publicului larg. Oameni de știință eminenți din domenii ce merg de la astrofizică pînă la zoologie își fac cunoscute aici ideile și teoriile cele mai noi.

Eu văd acest proiect ca pe un năvod aruncat peste lume. Recolta va fi următoarea generație de gînditori și oameni de știință ai planetei noastre.

DANIEL C. DENNETT

Pentru Richard Dawkins, profesor de zoologie la Universitatea Oxford și autor de *bestseller*-uri științifice, evoluția este « rîul pornit din Eden » de care vorbește Biblia, un rîu al informației purtate de ADN, în curgerea căruia genele se unesc, concurează și uneori se separă, formînd specii noi. Ideea sa, bazată pe strania asemănare dintre codul genetic și computer, este că ființa umană funcționează ca o « mașină de supraviețuire », astfel programată de « inginerul divin » încît să își transmită propria bază de date.

Acest model informatic îi permite lui Dawkins să explice o serie de chestiuni controversate: cum a explodat « bomba replicației » numită viață; cum au evoluat speciile și care este cauza diversității lor; de ce copacii din păduri sînt înalți cu toate că e mai « economic » să fie scunzi; care e cauza raportului egal între sexe, cînd sînt de ajuns puțini masculi pentru a fecunda un număr mare de femele; de ce moștenim genele unor maladii fatale; sau, în sfîrșit, cine este cel mai îndepărtat strămoș comun al nostru.

ISBN 973-28-0615-x

Foto copertă: LIVIU ANZULATO

O SERIE LANSATĂ CONCOMITENT ÎN PESTE 50 DE ȚĂRI